

РАДИО

РАДИО

РАДИО-

РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 944

«РАДИО» — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

Сборник описаний избранных конструкций, опубликованных в журнале «Радио» за 1971—1974 гг.



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1977

6Ф2.9
Р15
УДК 621.396.62

ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ БОРИСОВ
ЭДУАРД ПАВЛОВИЧ БОРНОВОЛОКОВ
ИВАН ВИССАРИОНОВИЧ КАЗАНСКИЙ
ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ФРОЛОВ
ЛИДИЯ ВАСИЛЬЕВНА ЦЫГАНОВА

«РАДИО» — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

Редактор В. Ф. Костиков
Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор Л. В. Иванова
Корректор М. Г. Гулина
ИБ № 71

Сдано в набор 15/II 1977 г. Подписано к печати 8/VIII 1977 г. Т-13270 Формат 84×108[1]/16. Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 19,32 Уч.-изд. л. 26,8 Тираж 60 000 экз. Зак. № 47 Цена 2 руб.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600 000, гор. Владимир, Октябрьский проспект, д.7.

Р15 **«Радио»** — радиолюбителям. Сборник описаний избранных конструкций, опубликованных в журнале «Радио» за 1971—1974 гг. М., «Энергия», 1977.

184 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 944)

На обороте тит. л. авт.: В. Г. Борисов, Э. П. Борноволоков, И. В. Казанский и др.

Описания, приведенные в сборнике, содержат необходимые сведения для самостоятельного изготовления предлагаемых конструкций. Это позволит читателям самой различной квалификации выбрать в сборнике описания конструкций, отвечающих их интересам, занятиям и опыту.
Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Р $\frac{30403\text{-}370}{051\ (01)\text{-}77}$ 207-77 6Ф2.9

ПРЕДИСЛОВИЕ

Более полувека насчитывает история радиолюбительства в нашей стране. За эти годы энтузиасты радиотехники, отдающие свой досуг любимому увлечению, внесли немалый вклад в развитие отечественной радиоэлектроники, в использование ее достижений в различных отраслях народного хозяйства. Уже первые шаги советских радиолюбителей были отмечены такими успехами, как открытие О. В. Лосевым «генерирующего кристалла» (1922 г.) — прообраза полупроводниковых приборов, установление дальних радиосвязей на коротких волнах (Ф. А. Лбов, 1925 г.), участие в годы первых пятилеток в радиофикации страны, в освоении Крайнего Севера. В суровые годы минувшей войны радиолюбители-коротковолновики несли бессменную вахту на многих сотнях фронтовых и партизанских радиостанций.

Отгремели залпы войны, и вновь энтузиасты радиотехники на важных участках мирного строительства. Большой вклад внесен ими в восстановление хозяйства проводного вещания. В начале пятидесятых годов силами радиолюбителей в ряде городов были построены телевизионные центры, которые успешно действовали до ввода в эксплуатацию государственных телевизионных станций.

Нельзя не сказать о большой роли радиолюбителей в освоении и популяризации полупроводниковой техники. Создание энтузиастами радиотехники самой разнообразной радиоэлектронной аппаратуры на транзисторах и диодах в немалой степени способствовало ускорению внедрения этой новой в ту пору элементной базы в устройства для различных отраслей народного хозяйства, научных исследований, в медицинские диагностические и лечебные аппараты и т. д. Существенна роль радиолюбителей в составлении карты электропроводимости почвы на территории Советского Союза. Благодаря их массовому участию в этой важной для народного хозяйства работе карта электропроводимости была составлена в рекордно короткий срок — всего лишь за три года.

1977 год — год 20-летия запуска первого в мире искусственного спутника Земли. Нельзя не вспомнить, как по призыву Академии наук СССР сотни радиолюбителей вели систематические наблюдения за радиосигналами, посылавшимися радиопередатчиками первых советских космических аппаратов. Собранные радиолюбителями сведения способствовали уточнению представлений о распространении радиоволн, определению зон слышимости сигналов спутников, уточнению их орбиты.

На всех этапах радиолюбительства большую помощь энтузиастам радиотехники оказывал и продолжает оказывать журнал «Радио», который видел главную свою задачу в пропаганде достижений радиотехники, успехов отечественной науки и техники, в приобщении широких слоев населения и в первую очередь молодежи к радиоэлектронике, играющей существенную роль в создании материально-технической базы коммунизма, в коммунистическом воспитании советских людей. В приветствии ЦК КПСС коллективу редакции, авторам и читателям журнала «Радио» в связи с 50-летием со дня выхода в свет его первого номера отмечалось: «... журнал провел значительную работу по распространению радиотехнических знаний, развитию массового радиолюбительского движения в нашей стране. Своими публикациями он способствует воспитанию трудящихся, особенно молодежи, в духе советского патриотизма, преданности идеям партии, готовности к защите социалистического Отечества».

Сейчас журнал активно пропагандирует решения XXV съезда КПСС, рассказывает об участии радиолюбителей во всенародной борьбе за успешное претворение заданий десятой пятилетки — пятилетки эффективности и качества.

На страницах журнала систематически помещаются публикации, расширяющие технический кругозор читателей, помогающие осваивать и использовать в своей творческой работе новейшие достижения радиоэлектроники. Большой популярностью пользуются статьи с описанием радиолюбительских конструкций, рассчитанных на повторение. Авторами таких статей выступают, как правило, сами создатели этих устройств.

В 1974 г. издательство «Энергия» в серии МРБ выпустило книгу «Радио» — радиолюбителям», которая представляла собой систематизированный сборник избранных конструкций, опубликованных в журнале в 1968—1970 гг. Сборник этот был с интересом встречен читателями. Предлагаемый вниманию радиолюбителей второй такой сборник продолжает начатую традицию и содержит наиболее интересные любительские конструкции, которые были помещены в журнале в 1971—1974 гг. Журнальные описания при этом подверглись дополнительной редакционной обработке, в них внесены необходимые уточнения, во многих случаях журнальные варианты статей расширены за счет более подробного освещения вопросов настройки, применяемых деталей, работы отдельных узлов и устройства в целом и т. п.

В сборнике приведены конструкции по большинству направлений наиболее массового радиолюбительского творчества — радиовещательному и телевизионному приему, звукотехнике, радиоспорту, измерениям и некоторым другим. В подавляющем большинстве конструкций в качестве активных элементов используются полупроводниковые приборы. Ряд описываемых аппаратов собран на интегральных микросхемах или они применяются совместно с дискретными элементами. Освоение интегральной техники журнал считает одной из важнейших задач радиолюбителей-конструкторов: современная радиоэлектроника во многом базируется на интегральных микросхемах, а микроэлектроника стала генеральным направлением дальнейшего развития радиоаппаратостроения.

Главный редактор журнала «Радио»
А. В. Гороховский

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Радиолюбители интересуются самыми разнообразными радиотехническими и электронными устройствами. Это ясно из многочисленных писем, присылаемых читателями в журнал «Радио». Однако приступая к занятиям, радиолюбители, как правило, начинают с конструирования и постройки радиовещательных приемников. Именно поэтому описанием радиовещательных приемников открывается настоящая книга.

Малогабаритные рефлексные приемники

Рефлексными называют приемники, в которых один или несколько каскадов используются для одновременного усиления как модулированных колебаний высокой частоты (до детектора), так и колебаний низкой частоты (после детектирования). Рефлексные каскады позволяют сократить число транзисторов, используемых в приемнике, уменьшить его размеры. Поэтому рефлексные приемники так популярны среди огромной армии начинающих радиолюбителей.

Далее приводятся описания нескольких вариантов малогабаритных рефлексных приемников, разных по сложности и конструктивному оформлению.

Первый вариант (конструкция радиолюбителя В. Светкова). Принципиальная схема приемника дана на рис. 1-1. Это четырехтранзисторный приемник прямого усиления, содержащий два каскада усиления колебаний высокой частоты, детекторный каскад и три каскада усиления колебаний низкой частоты. Каскады на транзисторах T_1 и T_2 выполнены по рефлексной схеме. Транзисторы T_3 и T_4 работают в двухтактном режиме усиления мощности. Выходная мощность приемника 100 мВт.

Приемник питается от батареи «Крона» ($Б_1$) напряжением 9 В и обеспечивает достаточно громкий прием на магнитную антенну программ местных и некоторых наиболее мощных отдаленных РВ станций, работающих в диапазоне ДВ или СВ. Ток, потребляемый приемником от батареи питания, составляет: в режиме покоя (молчания) 5—6 мА, при средней громкости приема — до 20—25 мА.

Входную цепь приемника образуют настраиваемый контур магнитной антенны $Ан_1$, образуемый катушкой L_1 и конденсатором переменной емкости C_1, а также катушка L_2, связывающая контур L_1C_1 с первым каскадом приемника. Сигнал радиостанции, на которую настроен контур магнитной антенны, через катушку связи L_2 подается на базу транзистора T_1, включенного по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Усиленный этим транзистором ВЧ сигнал радиостанции с нагрузочного резистора R_2 через конденсатор C_4 поступает на базу транзистора T_2 второго каскада приемника.

Для ВЧ сигнала транзистор T_2 включен по схеме с общим коллектором (ОК), т. е. как эмиттерный повторитель. В качестве нагрузки транзистора T_2 используется ВЧ автотрансформатор L_3, с которого высокочастотный модулированный сигнал, предварительно усиленный двумя каскадами приемника, подается на диод $Д_1$, выполняющий роль детектора, а выделенные им колебания низкой частоты — через катушку связи L_2 на базу транзистора T_1 для усиления. Эмиттерный *p-n* переход этого транзистора служит нагрузкой детектора по низкой частоте.

Низкочастотный сигнал, усиленный транзисторами T_1 и T_2, выделяется на резисторах R_4 и R_5 (для низкочастотного сигнала транзистор T_2 включен по схеме с ОЭ) и подается непосредственно на базы транзисторов T_3 и T_4 двухтактного бестрансформаторного усилителя мощности. В этом каскаде работают транзисторы разных структур: T_4 — *n-p-n*, T_3 — *p-n-p*, включенные по схеме с ОК. Первый из них усиливает положительные, второй — отрицательные полуволны колебаний низкой частоты. Головка прямого излучения $Гр_1$, присоединенная

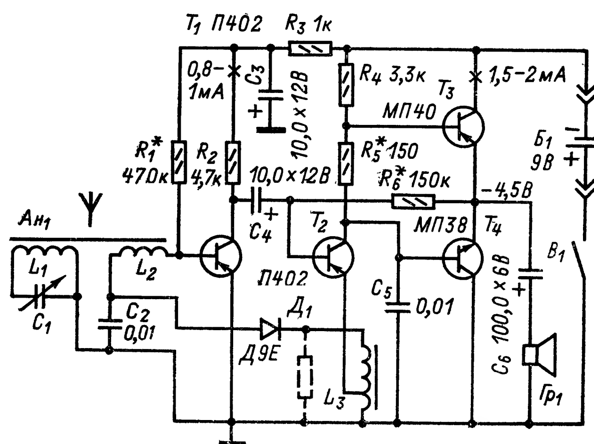


Рис. 1-1. Принципиальная схема приемника прямого усиления.

через электролитический конденсатор C_6 большой емкости к общей эмиттерной цепи транзисторов, преобразует низкочастотные колебания в звуковые.

Отрицательное напряжение смещения на базу транзистора T_1 поступает через резистор R_1, а на базу T_2 подается через резистор R_6 с эмиттеров T_3 и T_4. Одновременно резистор R_6 образует между выходом прием-

ника и входом второго каскада (транзистор T_2) цепь отрицательной обратной связи (ООС) по постоянному току, стабилизирующую режим работы транзисторов. Напряжения смещения на базах транзисторов T_3 и T_4, устраняющие искажения типа «ступенька», создаются в результате падения постоянного напряжения на резисторе R_5. Для повышения устойчивости работы приемника в целом в цепь питания транзистора T_1 введен развязывающий фильтр R_3C_3, который предотвращает паразитные обратные связи между выходом и входом приемника через общий источник питания.

Катушки входной цепи приемника намотаны на плоском стержне из феррита марки 400НН длиной 80 мм. Для приема радиостанций длинноволнового диапазона катушка L_1 контура магнитной антенны должна иметь 300—330 витков провода ПЭЛШО 0,1—0,12, намотанных тремя секциями по 100—110 витков в каждой секции. Расстояние между секциями 3 мм. Катушку связи L_2, содержащую 15—20 витков такого же провода, наматывают равными порциями между секциями катушки L_1. Благодаря секционированной намотке катушки L_1 уменьшается ее внутренняя емкость, что при одном и

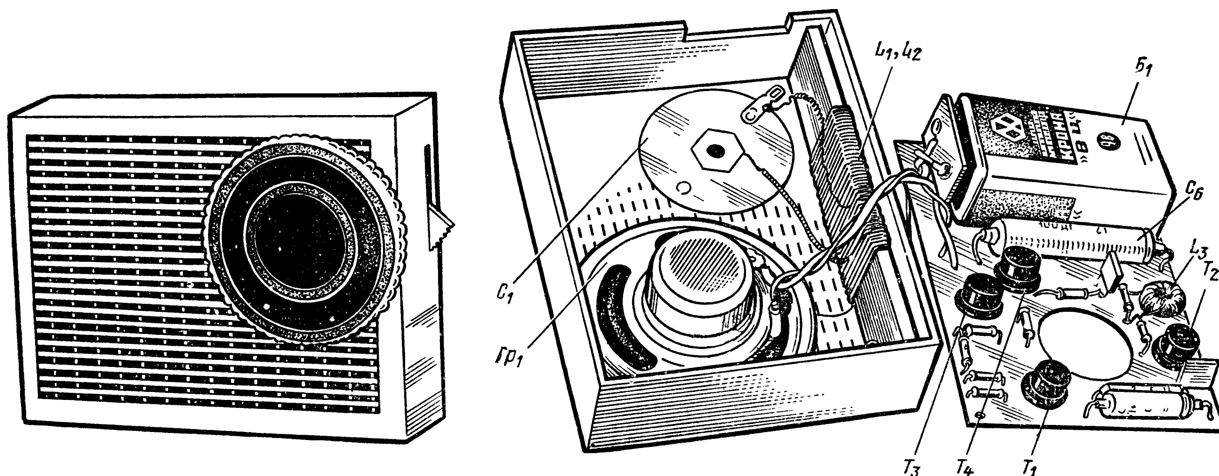


Рис. 1-2. Конструкция приемника.

том же конденсаторе настройки несколько расширяет диапазон радиоволн, перекрываемый входным контуром магнитной антенны. Оптимальное число витков катушки связи L_2 подбирают опытным путем при настройке приемника.

Для приема радиостанций средневолнового диапазона катушку L_1, содержащую 90—100 витков провода ЛЭШО 7×0,06, наматывают на ферритовый стержень в один слой, виток к витку, а катушку L_2, содержащую 2—7 витков провода ПЭЛШО 0,1—0,12, — на каркасе, склеенном из бумаги, который с большим трением может перемещаться по стержню.

Детали приемника заключены в пластмассовый корпус, взятый из «Радиоконструктора», выпускаемого московским опытно-экспериментальным школьным заводом «Чайка». Длина корпуса укорочена до 85 мм, для чего корпус распилен поперек на три части так, как показано на рис. 1-3. Средняя часть, обозначенная на рисунке цифрой *II*, удалена, а крайние части *I* и *III* склеены вместе полистироловым клеем (дихлорэтаном или ацетоном). Получается укороченный корпус малогабаритного приемника. Отверстие под конденсатор настройки C_1 расточено в нем круглым напильником в левую сторону, если смотреть со стороны передней панели.

Внешний и внутренний вид приемника показаны на рис. 1-2. Его монтажная плата выпилена из листового текстолита (или гетинакса, а также любого другого прочного изоляционного материала) толщиной 1,5 мм. Опорными монтажными точками могут служить пустотелые заклепки (пистоны) или отрезки облуженного медного провода, запрессованные в отверстия в плате.

Все резисторы, использованные в приемнике, малогабаритные типа УЛМ (или МЛТ-0,125). Конденсаторы C_2 и C_5 могут быть типа КД, КПД, КПС, а электролитические конденсаторы C_3, C_4 и C_6 — ЭМ, К50-3, К50-6, фирмы «Тесла» (ЧССР). Без заметного ущерба для качества воспроизведения звука емкость конденсатора C_6 может быть уменьшена до 50 мкФ. Номинальное напряжение конденсаторов C_3 и C_4 не должно быть меньше 10 В, а конденсатора C_6 должно быть не менее 6 В. Роль конденсатора переменной емкости C_1 выполняет подстроечный керамический конденсатор типа КПК-2. Его керамическое основание (статор) вклеено в отверстие в передней стенке корпуса.

Выключатель питания $В_1$ — самодельный, любой конструкции, наиболее удобной для радиолюбителя.

Высокочастотные транзисторы П402 (T_1, T_2), использованные в описываемом приемнике, можно заменить транзисторами П401, П403, П416, П422, П423, ГТ308, а транзисторы МП40 (T_3) и МП38 (T_4) — аналогичными им низкочастотными маломощными транзисторами МП41, МП42 (структуры *p-n-p*) и МП35—МП37 (структуры *n-p-n*) с любыми буквенными индексами. Статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ транзистора T_1 может быть 40—80, T_2 — 40—60, T_3 и T_4 — не менее 50. Транзисторы T_3 и T_4 должны иметь возможно близкие по значению коэффициенты $h_{21Э}$ и обратные токи коллекторных переходов $I_{к0}$.

В качестве детектора $Д_1$ может быть применен точечный диод любого типа (Д1, Д2, Д9, Д18) с любым буквенным индексом. Головка $Гр_1$ типа 0,1ГД-3.

Налаживание приемника начинают с тщательной проверки монтажа на соответствие с принципиальной схемой; проверяют также надежность включения звуковой катушки головки в эмиттерную цепь транзисторов выходного каскада. Включив питание, подбором резистора R_1 устанавливают коллекторный ток транзистора T_1, равный 0,8—1 мА. Затем подбором резистора R_6 на эмиттерах транзисторов выходного каскада устанавливают напряжение, равное 4,5 В, т. е. половине напряжения источника питания. После этого подбором резистора R_5 добиваются, чтобы коллекторный ток транзисторов T_3, T_4 был в пределах 1,5—2 мА. Места вклю-

чения миллиамперметра в разрывы коллекторных цепей транзисторов на принципиальной схеме обозначены крестами. Во время замены резисторов R_5 и R_6 питание обязательно должно быть выключено, иначе транзисторы выходного каскада могут выйти из строя.

Рефлексные приемники склонны к самовозбуждению, что является их недостатком. Причиной возбуждения могут быть паразитные связи как по высокой, так и по низкой частотам. Поэтому налаживать приемник целесообразно, начиная с низкочастотного тракта.

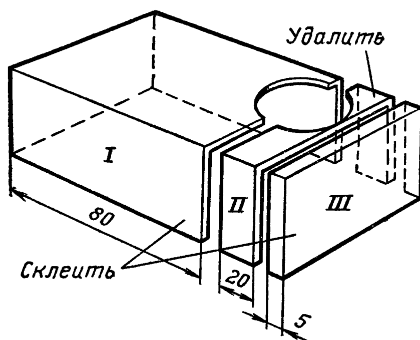


Рис. 1-3. Конструкция корпуса.

Для проверки работоспособности низкочастотной части правый (по принципиальной схеме) вывод катушки связи L_2 следует отключить от точки соединения базы транзистора T_1 с резистором R_1 и через конденсатор емкостью 0,1—0,5 мкФ подать на вход получившегося трехкаскадного УНЧ сигнал от радиотрансляционной сети (через делитель или трансформатор, понижающие напряжение радиосети до 150—200 мВ), с выхода другого приемника или от звукоснимателя электропроигрывающего устройства. Головка должна звучать громко и без заметных на слух искажений звука. Появление свистов является признаком возбуждения усилителя.

Свисты и искажения звука могут появиться из-за питания приемника от частично разрядившейся батареи, поэтому надо проверить ее напряжение при включенном приемнике. Если оно меньше 9 В (например, 7,5—8 В), частично или полностью устранить искажения можно включением между плюсовым и минусовым проводниками цепей питания электролитического конденсатора емкостью 20—50 мкФ на номинальное напряжение 12—15 В. При шунтировании источника питания по переменному току конденсатор улучшает условия работы приемника при разряде батареи, когда ее внутреннее сопротивление возрастает. Если это не поможет, надо увеличить емкости конденсаторов C_3 и C_5.

После окончания налаживания УНЧ присоединяют отпаянный конец катушки L_2 и испытывают приемник в целом. Вращая ротор конденсатора C_1 и одновременно поворачивая корпус с магнитной антенной в горизонтальной плоскости, добиваются приема сигналов какой-либо радиовещательной станции. Если прием сопровождается свистами, искажающими звук, возбуждение можно устранить шунтированием катушки L_3 резистором сопротивлением 1—5 кОм (на принципиальной схеме показан штриховыми линиями). Предупредить или полностью устранить возбуждение можно экранированием катушки L_3. Для этого ее надо обернуть несколькими слоями медной или алюминиевой фольги и соединить получившийся экран с общим («заземленным») проводником цепи питания.

Наивыгоднейшей связи контура магнитной антенны со входом первого каскада приемника добиваются, подбирая число витков катушки L_2, а если приемник средневолновый, то и меняя расстояние между катушками L_2 и L_1. Следует опытным путем подобрать такую связь, при которой прием будет наиболее громким и без искажений передачи. Делать это лучше всего в вечернее время суток, когда условия приема радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов улучшаются.

Второй вариант (конструкция радиолюбителя В. Кудрина). Особенность этого приемника — оригинальность оформления — его детали смонтированы в оправе солнцезащитных очков (рис. 1-5).

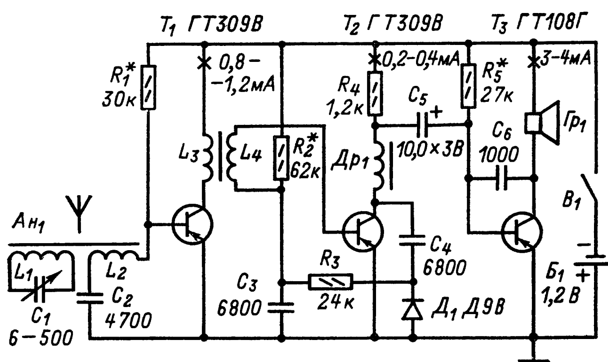


Рис. 1-4. Принципиальная схема приемника-очков.

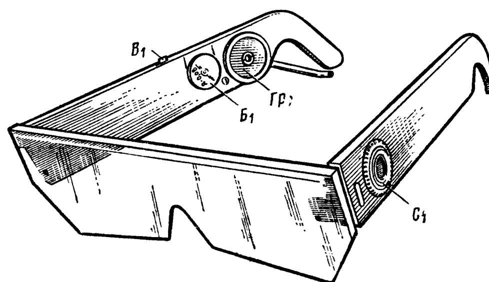


Рис. 1-5. Приемник-очки (внешний вид).

Приемник, питающийся от дискового аккумулятора Д-0,06, рассчитан на прием в основном только программ местных радиостанций, работающих в диапазоне волн примерно от 500 до 1800 м. Уменьшая число витков входного контура, диапазон, перекрываемый приемником, можно смещать в сторону более коротких волн. Энергии свежезаряженного аккумулятора хватает на 6—7 ч непрерывной работы.

Принципиальная схема приемника изображена на рис. 1-4. Он трехтранзисторный. Транзисторы T_1 и T_2 образуют двухкаскадный УВЧ, а T_2 и T_3 — двухкаскадный УНЧ. Каскад на транзисторе T_2, следовательно, рефлексный. Роль звуковоспроизводящей головки $Гр_1$ выполняет электромагнитный телефонный капсюль ДЭМШ-1а.

Коротко о работе приемника в целом. Модулированный сигнал радиостанции, на частоту которой настроен контур L_1C_1 магнитной антенны $Ан_1$, через катушку связи L_2 поступает на базу транзистора T_1, работающего в каскаде УВЧ. В коллекторную цепь этого транзистора включена катушка L_3 высокочастотного понижающего трансформатора, с катушки L_4 которого усиленный ВЧ сигнал поступает на базу транзистора T_2. Так как T_2 работает в рефлексном каскаде, в его коллекторной цепи установлены две нагрузки: высокочастотная — дроссель $Др_1$, и низкочастотная — резистор R_4. Высокочастотный сигнал радиостанции с дросселя

$Др_1$ через разделительный конденсатор C_4 поступает на детектор — диод $Д_1$, а после детектирования — через резистор R_3 и катушку L_4 на базу транзистора T_2. С резистора R_4 усиленные колебания низкой частоты попадают через конденсатор C_5 на базу транзистора T_3 и усиливаются им. Динамическая головка $Гр_1$, подключенная непосредственно к коллектору T_3, преобразует электрические колебания в звуковые, которые через звуконаправляющую трубку попадают в ухо.

Все транзисторы приемника включены по схеме с ОЭ. Резисторы R_2, R_3 и диод $Д_1$, соединенные между собой последовательно, образуют делитель, с которого на базу транзистора T_2 через катушку L_4 подается начальное напряжение смещения. Так как диод в этой цепи включен в прямом направлении, то он открыт, что несколько повышает его чувствительность. Напряжение смещения на базу транзистора T_1 подается с резистора R_2, а на базу T_3 — через резистор R_5. Конденсатор C_6 создает между коллекторной и базовой цепями транзистора T_3 ООС по переменному току, улучшающую качество работы выходного каскада.

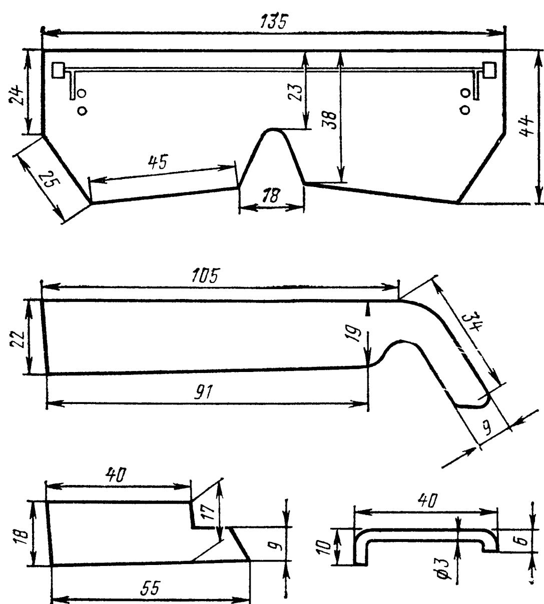
Чертежи светофильтра, заушника, монтажной платы, звуконаправляющей трубки и расположение деталей в заушниках показаны на рис. 1-6. Магнитная антенна с катушкой связи L_2 и конденсатор переменной емкости C_1, которым осуществляется настройка входной цепи приемника на РВ станцию, находятся в левом заушнике, а монтажная плата с транзисторами, диодом, резисторами и другими деталями, аккумулятор, выключатель питания и капсюль ДЭМШ-1а — в правом. С внутренних сторон заушники закрываются защитными пластинками, выпиленными из тонкой пластмассы.

Светофильтр очков сделан из цветного (светло-зеленого) органического стекла толщиной 2,5 мм, а заушники — из листового капрона толщиной 5 мм, вообще же для них можно использовать любые легкообрабатываемые пластические материалы.

В светофильтре очков с внутренней стороны (отступ от верхнего края 3—4 мм), прорезана ножом неглубокая канавка, в которую раствором органического стекла в дихлорэтане вклеены два отрезка провода ПЭВ-1 0,15. С их помощью катушка связи L_2 соединяется с базой транзистора T_1 и конденсатором C_2. Концы проводников припаяны к П-образным контактам из тонкой листовой бронзы, которые затем жалом нагретого паяльника утоплены в органическое стекло светофильтра.

Углубления в заушниках для размещаемых в них деталей высверлены сначала сверлом диаметром 5 мм, а затем обработаны стамеской, напильником и наждачной бумагой. Для ограничения глубины отверстий до 4 мм на хвостовую часть сверла надета алюминиевая трубка со стенками толщиной 2 мм.

Конструкция шарниров заушников и пружинных контактов, с помощью которых детали, вмонтированные в заушниках, соединяются с контактами проводников, вклеенных в органическое стекло светофильтра, показаны на рис. 1-7. Материалом для изготовления шарниров и пружинных контактов может быть медь, латунь. Пружины можно свить из стальной проволоки на гвозде толщиной 1,5—2 мм. Выключатель питания (рис. 1-8) представляет собой два пластинчатых контакта, один из которых соединяется с аккумулятором. Они замыкаются при помощи ползунка. Контактные пластинки вырезаны из тонкой латуни и облужены.



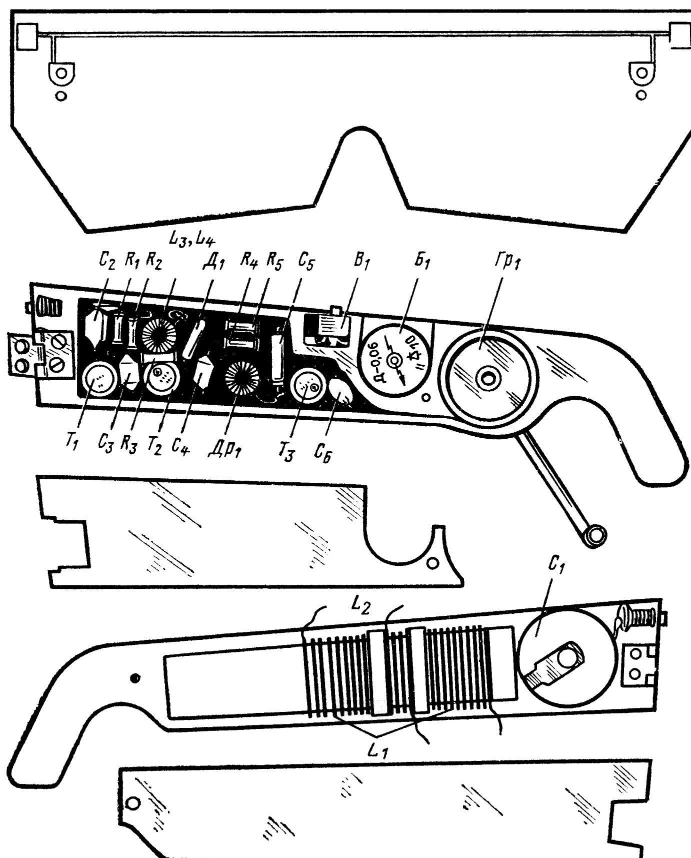
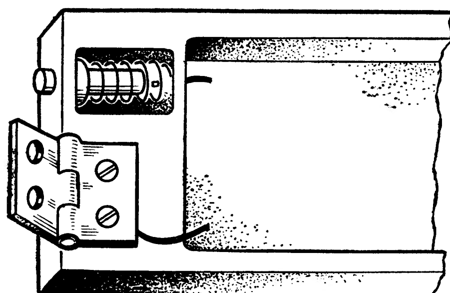


Рис. 1-6. Конструкция приемника.

Ползунок с кнопкой, выступающей из заушника, изготовлен из того же материала, что и сам заушник. Аккумулятор Д-0,06 находится в специальном гнезде, вырезанном в заушнике (рис. 1-9) и удерживается в нем фигурной вставкой из капрона.

Для звуконаправляющей трубки (рис. 1-6) использован металлический стержень от шариковой ручки. Коротким изгибом звуконаправляющая трубка встав-



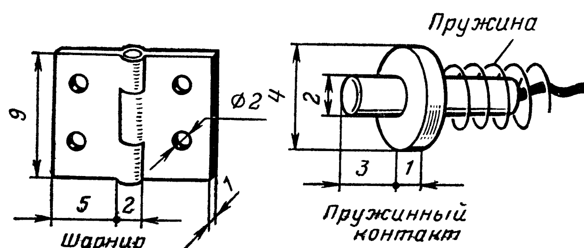


Рис. 1-7. Шарнир и пружинный контакт.

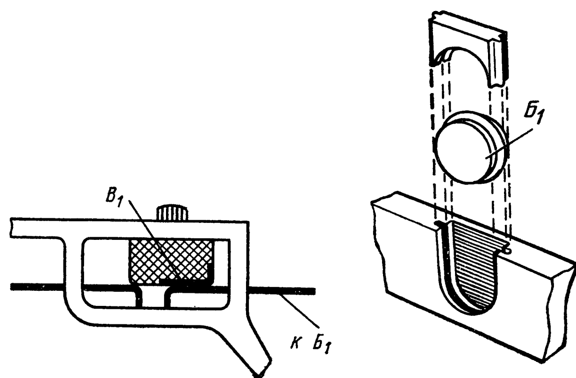


Рис. 1-8. Выключатель питания.

Рис. 1-9. Крепление аккумулятора.

лена в отверстие в заушнике против телефонного капсюля и изнутри слегка развальцована В этом отверстии она держится и может поворачиваться. В нерабочем положении трубку прижимают к заушнику, а во время радиоприема поворачивают к уху. Все углубления в заушниках, где смонтированы детали приемника, с внутренней стороны закрыты защитными пластинками из тонкой пластмассы.

В приемнике использованы малогабаритные резисторы и конденсаторы постоянной емкости. Конденсатор переменной емкости C_1 керамический. Высокочастотные трансформатор L_3 L_4 и дроссель $Др_1$ намотаны проводом ПЭВ-1 0,1 на ферритовых кольцах марки 600НН с внешним диаметром 7 мм. Для намотки применен челнок, спаянный из двух отрезков медного провода толщиной 0,2 мм. Углы колец затуплены надфилем, чтобы не попортить об них изоляцию намоточного провода. Катушка L_3 содержит 100 витков, L_4, намотанная поверх катушки L_3, 10 витков, дроссель $Др_1$ 200 витков.

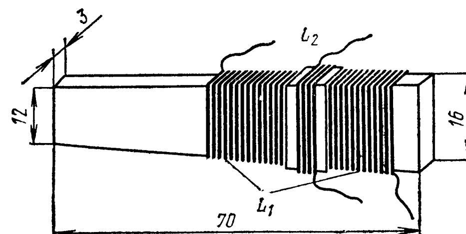


Рис. 1-10. Магнитная антенна.

Для магнитной антенны использован плоский ферритовый стержень марки 400НН толщиной 3 мм, который обтачивают на точильном станке до тех пор, пока его размеры не будут равны указанным на рис. 1-10. Контурная катушка L_1 располагается на широкой части стержня и содержит 180 витков провода ПЭЛШО 0,1. Катушку связи L_2 наматывают проводом ЛЭШО 5×0,07 на бумажной манжете, наклеенной на среднюю часть катушки L_1, число витков катушки L_2 — 5.

Статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$ всех транзисторов должен быть не менее 50. Транзисторы ГТ309В (T_1 и T_2) можно заменить транзисторами ГТ305, ГТ310, ГТ313.

Монтаж приемника достаточно плотный, что затрудняет производить в нем какие-либо изменения, дополнения. Поэтому детали усилительных каскадов и детектора целесообразно смонтировать сначала на макетной панели или куске картона и наладить приемник в таком виде, после чего окончательно смонтировать их на гетинаксовой плате. Такая методика конструирования приемника позволит наиболее рационально разместить детали на плате, а также внести поправки в размеры заушников с учетом размеров и конструктивных особенностей имеющихся деталей.

Налаживание приемника сводится в основном к подгонке рекомендуемых режимов работы транзисторов и выбору оптимальной связи контура магнитной антенны с входом УВЧ. Токи покоя коллекторных цепей транзисторов устанавливают: транзистора T_3 — подбором резистора R_5, T_2 — резистора R_2, T_1 — резистора R_1. Оптимальной связи входной цепи с усилителем добиваются, изменяя число витков катушки связи L_2 до неискаженного и наиболее громкого радиоприема.

Какие изменения можно внести в этот приемник? Из множества возможных назовем три.

Совет первый. Приемником будут пользоваться в различных температурных условиях, в том числе в летние жаркие дни. Поэтому работу транзисторов желательно термостабилизировать. Наиболее просто у транзисторов T_1 и T_3 это можно сделать, переключив верхние (по схеме) выводы их базовых резисторов R_1 и R_5 непосредственно на коллекторы. Режимы работы транзисторов устанавливают, подбирая эти резисторы.

Совет второй. Несколько повысить громкость работы приемника можно, использовав в нем детектор с удвоением выходного напряжения. Для этого между точкой соединения диода $Д_1$ с конденсатором C_4 и резистором R_3 надо включить второй такой же диод $Д_2$ (рис. 1-11) и конденсатор C_7 такой же емкости, как C_4.

Совет третий. Если нет малогабаритного конденсатора переменной емкости, то приемник может иметь фиксированную настройку на частоту только местной РВ станции. В таком случае вместо КПЕ в контур магнитной антенны надо включить параллельно соединенные постоянный (керамический или слюдяной) и подстроечный конденсатор КПК-М, суммарная емкость которых приблизительно соответствует необходимой для

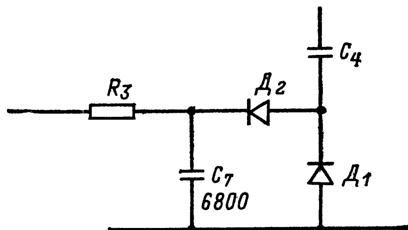


Рис. 1-11. Схема детектора с удвоением выходного напряжения.

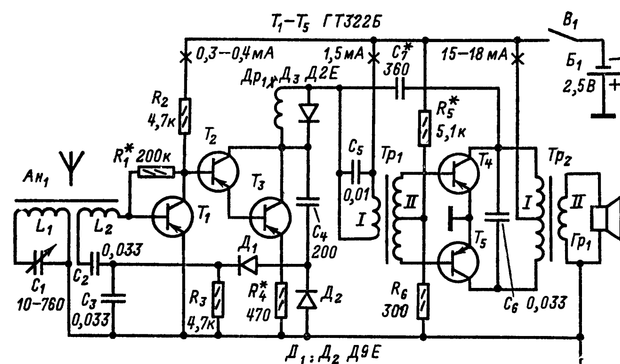


Рис. 1-12. Принципиальная схема приемника 2-V-3 на транзисторах ГТ322.

настройки контура на эту станцию. Грубо контур настраивают подбором конденсатора постоянной емкости, точно — подстроечным конденсатором.

Третий вариант (конструкция радиолюбителя А. Румянцева).

Наиболее характерной особенностью этого приемника является использование во всех его усилительных каскадах маломощных высокочастотных транзисторов ГТ322 и низковольтного питания. Приемник рассчитан на прием радиостанций, работающих в диапазоне частот примерно от 270 кГц до 1,5 МГц, т. е. перекрывает средневолновый и частично длинноволновый радиовещательные диапазоны.

Принципиальная схема приемника показана на рис. 1-12. Он содержит пять транзисторов, которые работают в трех усилительных каскадах. Транзистор T_1 и транзисторы T_2, T_3, включенные по схеме составного транзистора, образуют двухкаскадный УВЧ, диоды $Д_1$ и $Д_2$ — детектор с удвоением выходного напряжения, а те же два первых каскада и каскад на транзисторах T_4 и T_5 — трехкаскадный УНЧ. Первые два каскада, следовательно, работают в рефлексном режиме. Транзисторы T_4 и T_5 выходного каскада на трансформаторах работают в двухтактном усилителе мощности.

Питание приемника осуществляется от двух дисковых аккумуляторов Д-0,2 или двух ртутно-цинковых элементов РЦ-73, соединенных последовательно. С батареей из аккумуляторов Д-0,2 продолжительность непрерывной работы приемника будет 12 ч, с батареей из элементов РЦ-73—60 ч.

Принципиально этот приемник работает так же, как описанный в первом варианте, но низкочастотной нагрузкой составного транзистора второго каскада, гальванически связанного с транзистором T_1 первого каскада, служит не резистор, а первичная (*I*) обмотка согласующего трансформатора $Тр_1$. Выходной двухтактный каскад на транзисторах T_4 и T_5 построен по стандартной схеме.

Нагрузкой детектора данного приемника служит не эмиттерный *p-n* переход транзистора рефлексного каскада, как было в двух предыдущих вариантах, а резистор R_3. Создающиеся на нем колебания НЧ подаются на базу транзистора T_1 через разделительный конденсатор C_2 и катушку связи L_2.

Дроссель $Др_1$, являющийся высокочастотной нагрузкой второго каскада, и диод $Д_3$ образуют колебательный контур, улучшающий качество приема местной радиостанции, сигналы которой обычно сильнее сигналов отдаленных станций. Суть его действия заключается в следующем. С увеличением амплитуды высокочастотного сигнала ток в контуре $Др_1Д_3$ увеличивается, из-за этого сопротивление диода и напряжение на дросселе уменьшаются. В результате искажения низкочастотного сигнала, характерные для рефлексных приемников, предотвращаются. Конденсатор C_7 создает между выходной и входной цепями усилителя мощности ООС по переменному току, улучшающую качество работы каскада.

Приемник перекрывает сравнительно большой диапазон радиоволн благодаря использованию в его настраиваемом контуре конденсатора с минимальной емкостью 10 и максимальной 760 пФ, представляющего собой блок КПЕ фирмы «Тесла», секции которого соединены параллельно.

Конструкция приемника и схема соединения деталей на монтажной плате показаны на рис. 1-13. Корпус приемника готовый, от приемника «Космос». Его крышка привинчивается винтом М3 или М4 к гайке с фланцем, приклеенным к магнитной системе электродинамической головки прямого излучения $Гр_1$. Монтажная плата размерами 55×63 мм изготовлена из листового гетинакса толщиной 1 мм. Опорными монтажными точками служат пустотелые заклепки, запрессованные в отверстия в плате. Головка $Гр_1$ типа 0,1ГД-3 прикреплена диффузородержателем к лицевой стенке корпуса.

Катушка L_1 контура магнитной антенны содержит 120 витков провода ЛЭШО 7×0,07 (можно ПЭЛШО и даже ПЭВ-1 0,2—0,3), намотанных на отрезок ферритового стержня марки 400НН диаметром 8 и длиной 57 мм, а катушка связи L_2, размещенная поверх катушки L_1, 4 витка провода ПЭВ-1 0,2.

Высокочастотный дроссель $Др_1$ намотан проводом ПЭВ-1 0,06 на ферритовом броневом сердечнике с внешним диаметром 6 мм (марки Б6, из феррита 700НМ) и содержит 450 витков (три секции по 150 витков в каждой). Дроссель, имеющий такую же индуктивность (около 5 мГ), можно выполнить на ферритовом кольце марки 600НН с внешним диаметром 7 мм, намотав на него 250 витков такого же провода.

Транзисторы должны иметь коэффициент передачи тока $h_{21э}$ 40—50. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ детекторного каскада — типа Д9, Д2 с любыми буквенными индексами. Прямое сопротивление диода $Д_3$ должно составлять 300 Ом. Конденсаторы постоянной емкости типа КЛС или КМ, резисторы — УЛМ, МЛТ-0,125 и МЛТ-0,25. Согласующий и выходной трансформаторы $Тр_1$ или $Тр_2$ готовые, предназначенные для малогабаритных приемников с двухтактным трансформаторным выходным каскадом. Дроссель и трансформаторы приклеены к монтажной плате клеем БФ-2.

Функцию выключателя B_1 выполняет микрокнопка типа МП-7, приклеенная к боковой стенке корпуса клеем БФ-2. Включение питания (нажатие кнопки)

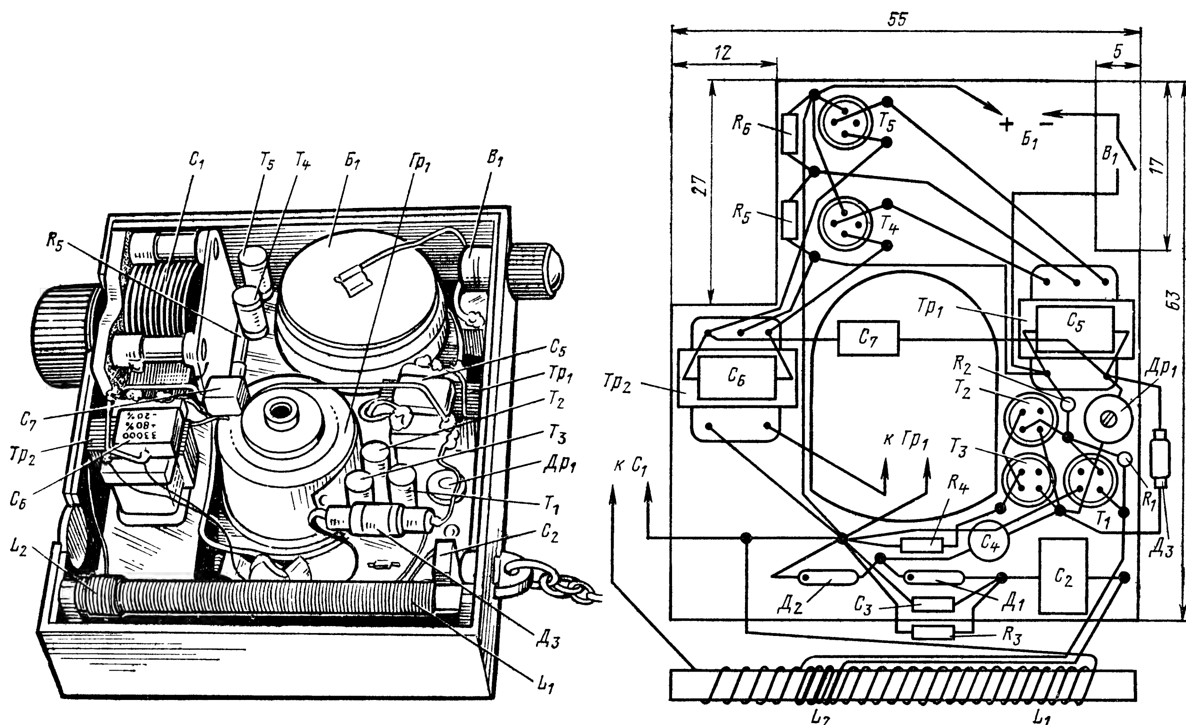


Рис. 1-13. Конструкция приемника и схема соединения деталей на монтажной плате.

происходит поворотом ручки, на оси которой находится кулачок в виде эксцентричного диска. Вообще же для включения и выключения питания можно использовать малогабаритный тумблер.

Порядок налаживания этого приемника такой же, как приемника первого варианта. Ток покоя транзисторов выходного каскада устанавливают, подбирая резистор R_5, образующий с резистором R_6 делитель, с которого на базы транзисторов (через соответствующие секции вторичной обмотки согласующего трансформатора $Тр_1$) подается начальное напряжение смещения.

Ток транзистора T_1 устанавливают подбором резистора R_1, ток составного транзистора T_2 T_3 — подбором его эмиттерного резистора R_4.

Для проверки УНЧ надо отключить от базы транзистора T_1 катушку связи L_2 и через конденсатор емкостью 0,1—0,5 мкФ подать на этот электрод транзистора низкочастотный сигнал от звукоснимателя, с выхода другого приемника или радиотрансляционной сети (через делитель напряжения). В это время при помощи дополнительного подбора резистора R_5 можно прокорректировать напряжение смещения на базах транзисторов T_4 и T_5, добиваясь максимальной громкости звучания головки при минимальных искажениях сигнала. Оптимальную емкость конденсатора C_7, образующего цепь ООС, находят опытным путем. Его правый (по принципиальной схеме) вывод может быть подключен к коллекторной цепи любого из транзисторов выходного каскада.

Если низкочастотный тракт исправен и нет ошибок в монтаже деталей детекторного каскада, приемник в целом должен работать нормально. Свисты, появляющиеся при настройке приемника на РВ станции, можно устранить, меняя местами включения выводы катушки связи L_2 и уменьшая число ее витков. Если для высокочастотного дросселя $Др_1$ использован броневой сердечник, то, слушая передачи радиостанций и изменяя индуктивность дросселя подстроечным стержнем, можно несколько выровнять усиление по всему диапазону волн, перекрываемому приемником.

Приемник необязательно должен быть миниатюрным, и использовать в нем можно более распространенные высокочастотные транзисторы П401—П403, П422 с коэффициентом передачи тока $h_{21Э} = 40 \div 60$. В этом случае сопротивление резистора R_2, являющегося нагрузкой транзистора T_1, должно быть 1,8—3 кОм, ток покоя коллекторной цепи этого транзистора 0,5—0,8 мА, а ток составного транзистора T_2 T_3 2,5 мА. В двухтактном же выходном каскаде могут работать маломощные низкочастотные транзисторы МП39—МП42 с коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$ таким же, как у высокочастотных транзисторов.

Приемник прямого усиления на интегральных микросхемах

Особенностью этого приемника, предложенного В. Борисовым, является то, что в нем для усиления сигнала использованы в основном не отдельные транзисторы, как в описанных рефлексных приемниках, а гибридные интегральные микросхемы серии К224. Выходная мощность приемника около 150 мВт, чувствительность — не хуже 10 мВ/м.

Принципиальные схемы приемника и примененных в нем гибридных микросхем показаны на рис. 1-14.

Микросхема К2УС242 представляет собой однотранзисторный однокаскадный УВЧ, микросхема К2УС244 — четырехтранзисторный трехкаскадный УНЧ, предназначенный для совместной работы с двухтактным усилителем мощности. Третий каскад микросхемы К2УС244 собран по каскодной схеме. Структура всех транзисторов микросхем — *n-p-n*. Для упрощения входной цепи приемник рассчитан на работу только в одном средневолновом диапазоне.

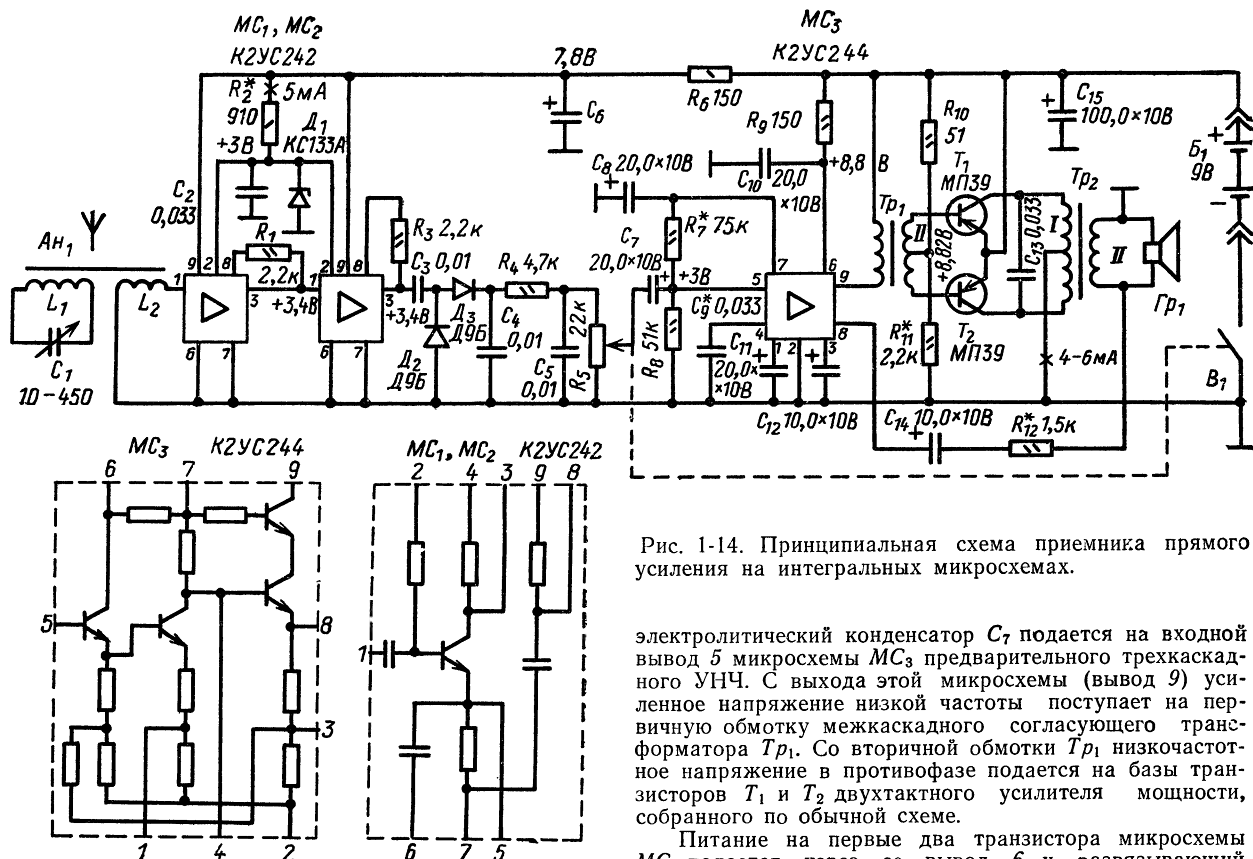


Рис. 1-14. Принципиальная схема приемника прямого усиления на интегральных микросхемах.

Высокочастотный тракт приемника образуют магнитная антенна $Ан_1$ и две микросхемы $МС_1$ и $МС_2$, работающие как однокаскадные УВЧ. Модулированный сигнал радиостанции, на волну которой настроен контур L_1C_1 магнитной антенны, через катушку связи L_2 поступает на вывод *1* микросхемы $МС_1$. Усиленный ею сигнал подается на вывод *1* второй микросхемы $МС_2$, а с ее вывода *3* — на детектор.

Стабилитрон $Д_1$ совместно с резистором R_2 образует стабилизатор напряжения. Напряжение с него, равное 3 В, через выводы *2* микросхем подается в базовые цепи их транзисторов. Резистор R_1 служит высокочастотной нагрузкой микросхемы $МС_1$, а резистор R_3 — нагрузкой $МС_2$.

Резистор R_6 и конденсатор C_6 образуют развязывающий фильтр, предотвращающий паразитную обратную связь между низкочастотным и высокочастотным трактами через общий источник питания, которая может стать причиной самовозбуждения приемника. Впрочем, эти детали не являются обязательными элементами приемника, так как подобные фильтры есть в самих микросхемах. Тем не менее в порядке страховки эти детали следует предусмотреть. Налаживание покажет — оставить их или исключить.

Детектор приемника выполнен по схеме с закрытым (по постоянному току) входом на двух диодах $Д_2$ и $Д_3$, включенных по схеме удвоения напряжения низкочастотного сигнала на выходе. Нагрузкой детектора служит переменный резистор R_5, а резистор R_4 и конденсаторы C_4 и C_5 образуют ячейку, отфильтровывающую низкочастотный сигнал от высокочастотной составляющей.

Кроме указанной функции резистор R_5 выполняет роль регулятора громкости. С его движка сигнал через электролитический конденсатор C_7 подается на входной вывод *5* микросхемы $МС_3$ предварительного трехкаскадного УНЧ. С выхода этой микросхемы (вывод *9*) усиленное напряжение низкой частоты поступает на первичную обмотку межкаскадного согласующего трансформатора $Тр_1$. Со вторичной обмотки $Тр_1$ низкочастотное напряжение в противофазе подается на базы транзисторов T_1 и T_2 двухтактного усилителя мощности, собранного по обычной схеме.

Питание на первые два транзистора микросхемы $МС_3$ подается через ее вывод *6* и развязывающий фильтр R_9C_{10}. Резистор в коллекторной цепи первого транзистора и конденсатор C_8, включенный между выводом *7* и общим отрицательным проводником, также образуют развязывающий фильтр. Через него в делитель R_7R_8 на базу этого транзистора подается положительное напряжение смещения, определяющее режимы работы всех транзисторов микросхемы $МС_3$.

Электролитические конденсаторы C_{11} и C_{12}, шунтирующие нижние (в микросхеме) резисторы эмиттерных цепей транзисторов, устраняют в микросхеме ООС по постоянному току. Подбором конденсатора C_9 устанавливают желательный тембр звука. Однако его емкость не должна быть меньше 0,01 мкФ, иначе усилитель может самовозбудиться.

Начальное отрицательное напряжение смещения на базы транзисторов выходного каскада подается с делителя R_{10} R_{11} через среднюю точку вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$. Режим работы транзисторов устанавливают, подбирая резистор R_{11}. Резистор R_{12} и конденсатор C_{14} создают между выходом и предварительным УНЧ цепь ООС по переменному току, улучшающую качество звучания приемника. Конденсатор C_{15} ослабляет паразитные связи между каскадами через общий источник питания, возрастающие по мере разряда батареи $Б_1$, когда ее внутреннее сопротивление переменному току возрастает.

Все детали приемника, кроме головки $Гр_1$, смонтированы на одной общей печатной плате (рис. 1-15) размерами 85×130 мм, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Динамическая головка $Гр_1$ укреплена на передней стенке корпуса. Для достижения возможно лучшего качества звучания в приемнике применена головка 0,5ГД-21, удовлетворительно воспроизводящая достаточно широкую полосу звуковых частот. Размеры этой головки в основном и определяют габариты корпуса приемника.

Конденсатор C_1, установленный в приемнике, взят из набора деталей приемника «Сверчок». Он имеет минимальную емкость 10 и максимальную 450 пФ. Для магнитной антенны использован ферритовый стержень марки 400НН диаметром 8 и длиной 120 мм. Катушки L_1 и L_2 намотаны проводом ПЭВ-1 0,12 виток к витку на бумажных каркасах, которые с небольшим трением можно перемещать по стержню. Первая из них содержит 90 витков, вторая 8 витков. Для приема радиостанций

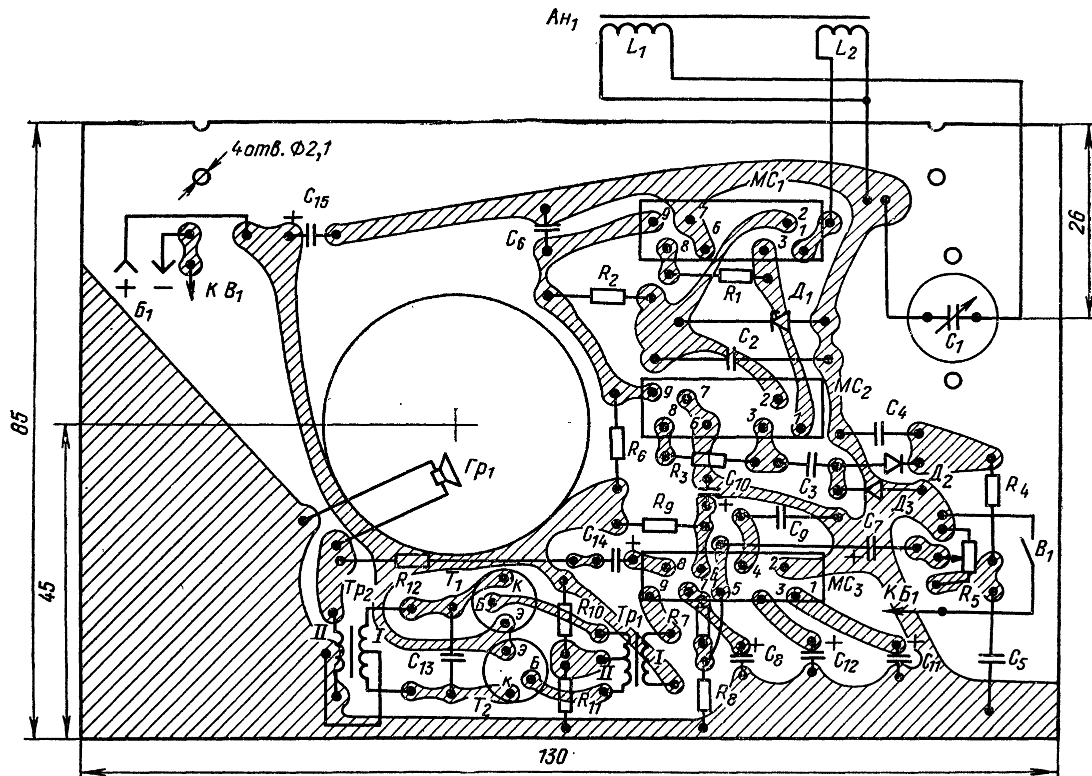


Рис. 1-15. Монтажная плата и схема соединения деталей на ней.

в длинноволновом диапазоне катушка L_1 должна содержать 180—200 витков, намотанных четырьмя-пятью секциями по 40—50 витков в каждой, катушка L_2 — 15—20 витков. Под концы стержня, укрепляемого на плате нитками, следует подложить амортизирующие прокладки (кусочки резины).

Стабилитрон $Д_1$ — типа КС133А на напряжение стабилизации 3—3,2 В. Межкаскадный трансформатор Tp_1 использован от приемника «Сокол», Tp_2 — выходной трансформатор приемника «Рига-302». Пригодны аналогичные трансформаторы от других транзисторных приемников. Электролитические конденсаторы типа К50-6 и К50-3 (C_7), резисторы—МЛТ-0,25. Коэффициенты передачи тока $h_{21Э}$ транзисторов T_1 и T_2 могут быть 50—60. Переменный резистор R_5, объединенный с выключателем питания B_1, типа СП3-3б. Источником питания служит батарея «Крона», закрепленная на плате скобой из полоски пружинящей латуни.

При разметке монтажной платы и ее печатных проводников надо учитывать конструктивные особенности имеющихся деталей. У выходного трансформатора, например, может быть иное, чем у трансформатора от приемника «Рига-302», расположение выводных штырьков обмоток. Соответственно надо изменить конфигурацию печатных проводников этого участка платы. Для соединения некоторых деталей можно использовать «мостики» из отрезков изолированного монтажного провода, как это сделано, например, между резистором R_8 и выводом 5 микросхемы $МС_3$.

Микросхемы серии К224, используемые в приемнике, имеют по девять гибких выводов шириной 0,5 и длиной 7 мм, расположенных на расстоянии 2,5 мм один от другого. Выводы осторожно изгибают, как показано на рис. 1-16, пропускают через отверстия, просверленные в плате в шахматном порядке, и снизу припаивают к проводникам платы. Расстояние между рядами отверстий может быть 4—5 мм, между центрами отверстий в рядах — 5 мм. Неиспользуемые выводы (например, выводы 4 и 5 микросхем $МС_1$ и $МС_2$) можно отогнуть в сторону и отверстий для них не сверлить.

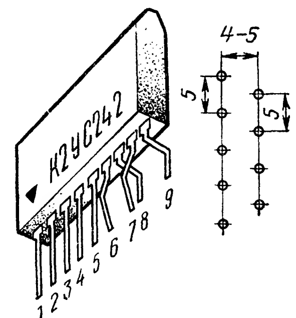


Рис. 1-16. Подготовка выводов микросхемы к монтажу.

Предварительно приемник желательно собрать на макетной панели, наладить и только после этого монтировать детали на печатной плате. Напряжения на выводах микросхем и транзисторов T_1 и T_2, указанные на рис. 1-14, измерены относительно общего минусового провода вольтметром с входным сопротивлением 10 кОм/В. Режимы работы транзисторов выходного каскада устанавливают подбором резистора R_{11}, напряжение на выводе 5 микросхемы $МС_3$ — подбором

резистора R_7, рекомендуемый ток через стабилитрон 4—5 мА устанавливают подбором резистора R_2. Резистор R_{12}, от сопротивления которого зависит глубина ООС, охватывающей низкочастотный тракт приемника, подбирают в последнюю очередь.

Границу длинноволновой части диапазона, перекрываемого приемником, устанавливают так же, как в любом другом приемнике прямого усиления — перемещают катушку L_1 магнитной антенны по ферритовому стержню и, если надо, изменяют число ее витков. При этом чем ближе к середине стержня катушка находится и чем больше витков в ней, тем больше длина волны радиостанции, на которую приемник может быть настроен. Катушку связи L_2 размещают на таком расстоянии от катушки L_1, при котором приемник работает с наибольшей громкостью и без искажений сигнала.

Как быть, если не окажется стабилитрона КС133А? Положительные напряжения смещения на базы транзисторов микросхем $МС_1$ и $МС_2$ (выводы *2*) можно подавать с выводов *8* этих микросхем через резисторы сопротивлением 100—150 кОм или делители напряжения, подобные делителю R_7R_8 предварительного УНЧ. Напряжения на выводах *2* микросхем должно составлять 3 В. В таком случае резистор R_2, конденсатор C_2, а также проводники, идущие от них к выводам *2* микросхем, надо удалить.

Монтажную плату налаженного приемника помещают в корпус, конструкция которого зависит от возможностей и творческой смекалки радиолюбителя.

Радиовещательный ЧМ приемник

Радиовещательный ЧМ приемник сконструирован радиолюбителем В. Поляковым. Он позволяет принимать программы ЧМ станций, работающих в диапазоне 66—73 МГц. Выходная мощность УНЧ приемника 1—1,5 Вт, диапазон рабочих частот 100—12 000 Гц. Работает приемник на головку 1ГД-40Р-100 с сопротивлением звуковой катушки 8 Ом. Питается он от сети переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность не превышает 1,5—2,5 Вт.

Принципиальная схема приемника показана на рис. 1-17. Во входных цепях использован унифицированный УКВ блок от радиоприемника «Рига-103». Можно использовать УКВ блок от радиоприемников второго класса, который отличается от указанного отсутствием цепи автоматической подстройки частоты. При желании эту цепь можно ввести, добавив диод $Д_2$, резисторы R_8—R_{10} и конденсаторы C_{14}, C_{15}. На печатной плате блока для этого имеются соответствующие отверстия.

УКВ блок содержит УВЧ на транзисторе T_1 и преобразователь частоты с совмещенным гетеродином на транзисторе T_2. Сигнал промежуточной частоты 6,8 МГц выделяется двухконтурным полосовым фильтром $L_5L_6C_{17}$ и поступает на двухкаскадный УПЧ, выполненный на транзисторах T_3, T_4 и T_5, T_6 по каскодной схеме. Нагрузкой первого каскада служит двухконтурный полосовой фильтр L_8C_{22} L_9 C_{24}, а второго — фазосдвигающий трансформатор детектора отношений, образованный контурами L_{11} C_{28}, L_{12} C_{31} и катушкой связи L_{13}.

В ЧМ детекторе используется нагрузочная цепь $R_{32}R_{33}$ со средней точкой. Это позволило заземлить один конец катушки связи L_{13} и улучшить развязку по промежуточной частоте. При увеличении напряжения питания и использовании более мощной головки выходную мощность приемника можно увеличить до 4—5 Вт. Если же ограничиться выходной мощностью 0,2—0,4 Вт, то выходные транзисторы T_{11}, T_{12} можно вообще не устанавливать, а вместо резисторов R_{44} и R_{46} впаять короткозамыкающие перемычки.

С коллектора транзистора T_6 сигнал ПЧ поступает также и на диод $Д_3$ детектора АРУ. Напряжение АРУ через диоды задержки $Д_4$, $Д_5$ и фильтрующие цепочки подается на базовые цепи транзисторов УВЧ и первого каскада УПЧ. Система АРУ обеспечивает прием всех радиостанций с практически одинаковой громкостью, и, кроме того, значительно улучшает работу системы АПЧ. Сигналы всех станций имеют почти одинаковую амплитуду сигнала на детекторе, что позволяет сохранять полосу удержания системы АПЧ примерно одинаковой, отказавшись от специального выключателя системы АПЧ. Управляющее напряжение АПЧ снимается с выхода детектора и через фильтрующую цепочку $R_{36}C_{37}$ подается на варикап $Д_2$, подстраивающий гетеродин приемника.

Низкочастотный сигнал с нагрузки детектора через стандартную цепочку коррекции $R_{34}C_{36}$ и регулятор громкости R_{35} поступает на вход УНЧ, выполненного по обычной последовательной двухтактной схеме с бестрансформаторным выходом на транзисторах T_7—T_{12}. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_7 согласует низкое входное сопротивление УНЧ с выходом детектора. Питается приемник от выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах $Д_9$—$Д_{12}$.

В приемнике можно использовать широкий ассортимент деталей. В каскадах УПЧ могут быть применены любые транзисторы с граничной частотой 100—150 МГц, например П423, П416, ГТ322 и т. д. В выходном каскаде могут работать среднечастотные транзисторы П601—П607, а также низкочастотные П201, П213, П214. Диоды $Д_3$, $Д_6$ и $Д_7$ можно брать Д2, Д9 или Д18. Диоды $Д_4$ и $Д_5$ — любые маломощные кремниевые, например Д105, Д220. Транзисторы T_7—T_9 можно заменить любыми маломощными низкочастотными германиевыми транзисторами структуры *p-n-p*, а T_{10}—структуры *n-p-n*. Резисторы и конденсаторы можно применять любого типа. Для выпрямителя годятся любые силовые диоды.

Катушки контуров ПЧ намотаны виток к витку проводом ПЭЛШО 0,12 на унифицированных каркасах диаметром 8 мм от контуров ПЧ телевизионных приемников и заключены в экраны от тех же контуров. Эскизы катушек показаны на рис. 1-18. Катушки L_8, L_9 и L_{11} содержат по 23 витка, катушка связи L_{10} — 3, а L_{13} — 10 витков. Катушку L_{10} наматывают поверх L_9, а L_{13} — поверх L_{11}. Катушка контура детектора L_{12} содержит 2×12 витков. Ее наматывают одновременно двумя проводами и начало одного провода соединяют с концом другого, образуя среднюю точку. Трансформатор питания выполнен на магнитопроводе Ш16×25. Его первичная обмотка содержит 3300 витков провода ПЭЛ 0,1, а вторичная — 150 витков провода ПЭЛ 0,35.

Все детали приемника кроме УКВ блока, регулятора громкости и выходных транзисторов размещены на печатной плате из фольгированного гетинакса размерами 240×90 мм. На фанерной передней панели приемника (рис. 1-19 и 1-20) укреплена динамическая головка, регулятор громкости и две боковые дюралюминиевые стенки. Снаружи панель закрыта декоративной тканью и накладкой под ручки управления. Снизу к отогнутым краям боковых стенок прикреплена монтажная плата, а над трансформатором питания УКВ блок. Ручка настройки с помощью переходной втулки закреплена непосредственно на оси блока. Фиксирующий ручку винт М3, упираясь в прилив на основании блока, служит одно-

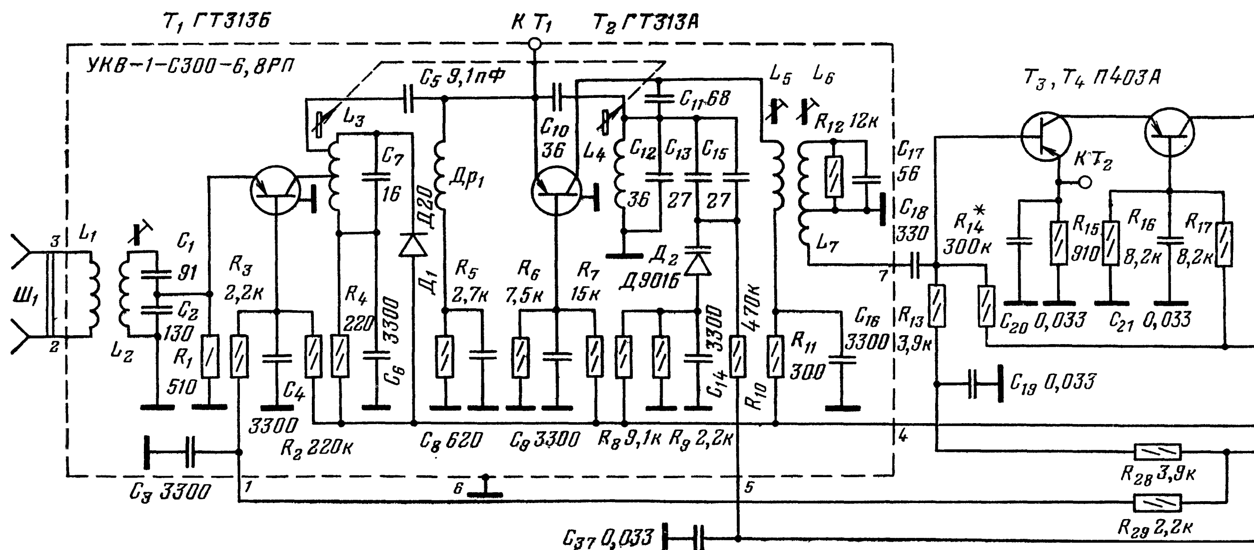


Рис. 1-17. Принципиальная схема радиовещательного ЧМ приемника.

временно ограничителем угла поворота. На другой боковой стенке размещены выходные транзисторы, снабженные небольшими радиаторами. Вся конструкция размещена в фанерном ящике, оклеенном декоративной пленкой. Углы передней панели упираются в деревянные бруски, приклеенные в углах ящика.

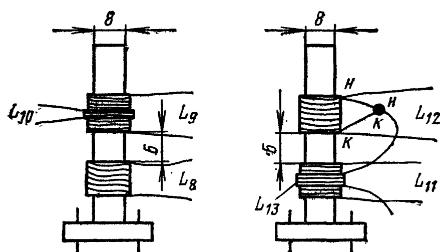


Рис. 1-18. Эскизы катушек контуров ПЧ.

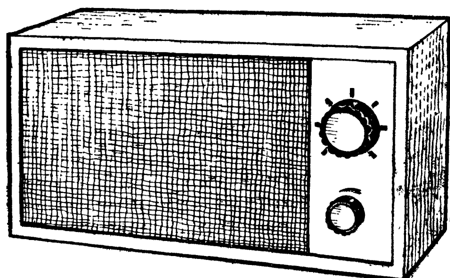


Рис. 1-19. Внешний вид приемника.

Задняя стенка, прикрепленная к отгибам боковых стенок, фиксирует приемник внутри ящика.

Налаживание приемника начинают с проверки режимов транзисторов. Резистор R_{41} подбирают до получения на контрольной точке KT_5 напряжения, равного половине напряжения питания. Подбирая резистор R_{42}, устанавливают ток покоя УНЧ 10 мА. При меньшем токе могут быть заметны искажения типа «ступенька». Конденсатор C_{42} подбирают по минимуму фона в нижнем положении движка регу-

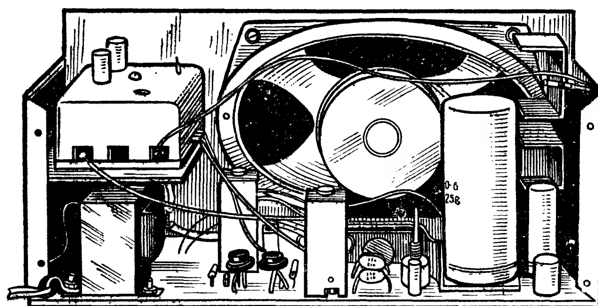
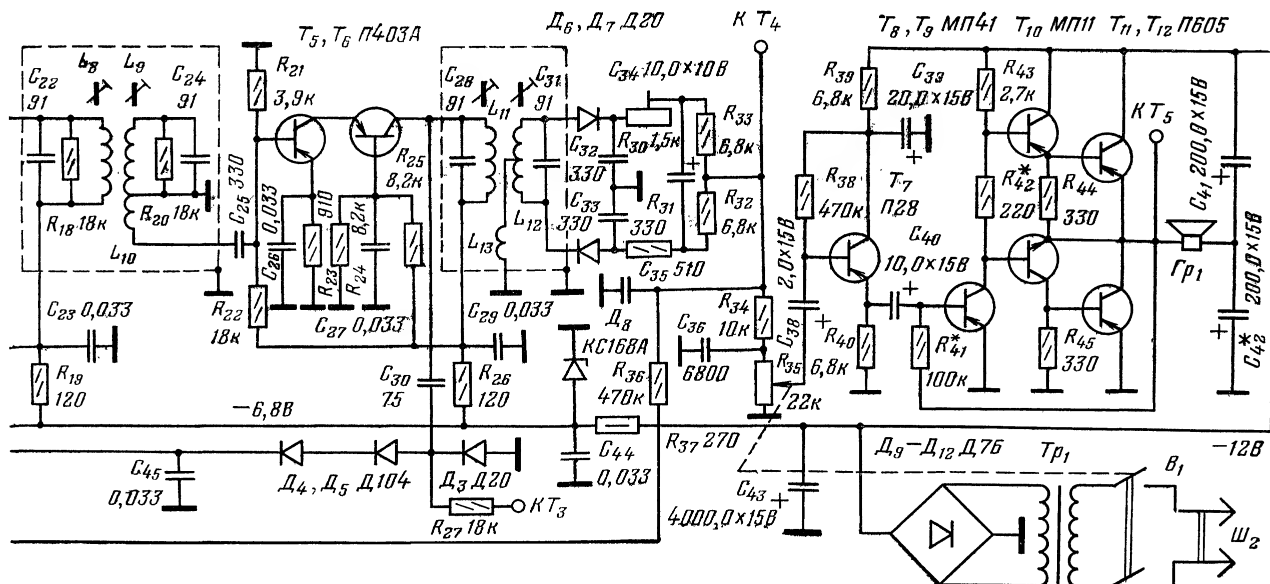


Рис. 1-20. Вид на монтаж приемника.

лятора громкости, а резистор R_{14} — до получения на контрольной точке KT_2 напряжения 1,4—1,6 В. Цепи АРУ и АПЧ на время настройки следует отключить, замкнув накоротко конденсатор C_{37} и выпаяв резисторы R_{28} и R_{29}.

Настройку контуров ПЧ удобно производить с помощью генератора качающейся частоты, например Х1-19. Вход осциллографа (без детекторной головки) подключают к контрольной точке KT_3, а выход генератора через конденсатор емкостью 0,01 мкФ — поочередно к базам транзисторов T_5, T_3 и контрольной точке KT_1. Сигнал генератора поддерживают минимальным. Вращая сердечники контуров ПЧ, получают характеристику, показанную на рис. 1-21, *а*. Затем, подключив вход осциллографа к контрольной точке KT_4 и вращая сердечник катушки L_{12}, добиваются характеристики, показанной на рис. 1-21, *б*. С помощью резистора R_{30} можно улучшить линейность характеристики.



При настройке без приборов следует принять какую-либо станцию и настроить контуры L_5—L_{11} по максимальной громкости, а контур L_{12}, кроме того, и по наилучшему качеству звучания. Если контуры сильно расстроены и принять УКВ ЧМ станцию не удается, можно присоединить к базам транзисторов T_5 и T_3 антенну в виде длинного куска провода. Контуры ПЧ предварительно настраивают в резонанс по сигналам станций КВ диапазона. Окончательно тракт ПЧ настраивают по УКВ сигналам, присоединив антенну ко входу приемника.

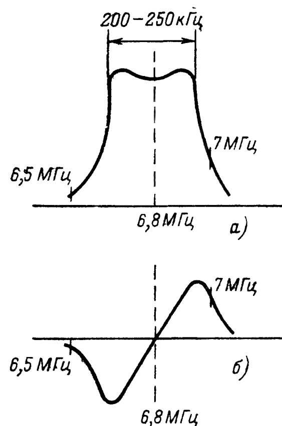


Рис. 1-21. Модуляционная и демодуляционная характеристики УПЧ.

Если УКВ блок подвергался переделкам, то его также необходимо настроить. Диапазон приемника устанавливают, вращая сердечник катушки L_4 (источником сигнала служит ГСС), или по сигналам ЧМ станций. Контуры L_2 и L_3 настраивают по максимуму шума на выходе приемника на свободном от радиостанций участке, по возможности в середине диапазона, причем контур L_2 настраивают с подключенной антенной.

После настройки полезно снять S-характеристику (рис. 1-21, *б*), присоединив вольтметр к контрольной точке KT_4 и расстроив приемник относительно частоты станции. Характеристика должна быть линейной и симметричной. Затем подключают цепи АРУ. Если при этом сильно упадет чувствительность приемника (шум не прослушивается даже при максимальной громкости), следует увеличить сопротивления резисторов R_{28} и R_{29}. При включении АПЧ может оказаться, что она работает в обратную сторону, т. е. расстраивает приемник относительно станции. В этом случае надо поменять полярность включения диодов $Д_6$ $Д_7$ и конденсатора C_{34}. Система АПЧ позволяет очень легко настраиваться на станцию и устраняет все искажения, связанные с неточной настройкой (особенно существенные при ЧМ радиоприеме). При правильной работе АПЧ вращение в некоторых пределах ручки настройки почти не изменяет сигнал, а затем он исчезает мягким скачком.

В условиях Москвы прием можно вести на кусок провода длиной 25—30 см, размещенный под верхней крышкой ящика. При плохих условиях приема рекомендуется применять симметричный петлевой вибратор длиной 2—2,1 м (λ/2). Снижение следует выполнить симметричным двухпроводным фидером с волновым сопротивлением 300 Ом (расстояние между проводами равно 5—6 диаметрам провода).

Супергетеродинный приемник с настройкой транзистором

Радиоприемник, с которым мы хотим познакомить читателей, демонстрировался на 22-й Московской городской радиовыставке. Его создатели, московские радиолюбители В. Ершов и С. Литвинов, предложили оригинальный способ настройки приемника на радиостанции в коротковолновом диапазоне. Основным элементом настройки в этом диапазоне служит емкость коллекторного перехода транзистора первого гетеродина, входящая в его колебательный контур. Емкость этого перехода зависит от напряжения питания транзистора. Изменяя питание, можно перестраивать приемник в растянутом КВ диапазоне.

Радиоприемник может принимать программы РВ станций в диапазоне средних (520—1600 кГц) и коротких (11,7—11,9 МГц) волн. Чувствительность его в СВ диапазоне 0,8 мВ/м, а в КВ — 25—30 мкВ. В СВ диапазоне прием радиостанций ведется на магнитную антенну, а в КВ диапазоне для этой цели может быть

использован отрезок провода длиной 1,2—1,5 м. Выходная мощность УНЧ приемника 150 мВт при коэффициенте гармоник 5%. Питается приемник от четырех элементов 373 общим напряжением 6 В. Работоспособность его сохраняется при снижении напряжения питания до 3 В.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 1-22. Он работает по принципу коротковолновых конвертеров. Прием радиостанций в КВ диапазоне ведется на самостоятельный высокочастотный блок с отдельным преобразователем частоты и гетеродином. Далее сигнал поступает на СВ антенну приемника и его дальнейшее усиление и преобразование происходит по обычному принципу. Применение двойного преобразования в коротковолновом диапазоне вызвано особенностями настройки приемника транзистором.

Коротковолновая антенна $Ан_1$ подключена к части витков катушки L_1 двухконтурного входного фильтра $L_1C_1C_2C_3L_2C_4C_5$, настроенного на среднюю частоту КВ диапазона. С катушки L_2 этого фильтра входной сигнал поступает в цепь эмиттера транзистора T_1, работающего в смесителе первого преобразователя частоты. Гетеродин выполнен на транзисторе T_2 по схеме с емкостной обратной связью. Емкость коллекторного перехода этого транзистора можно регулировать при помощи переменного резистора R_8, изменяющего напряжение на коллекторе транзистора T_2. Так как эта емкость в КВ диапазоне входит в колебательный контур гетеродина, настройка последнего также будет изменяться. Зависимость частоты настройки от напряжения на коллекторе транзистора T_2 показана на рис. 1-23.

Сигнал гетеродина поступает в цепь базы транзистора T_1 первого преобразователя частоты, нагруженного на контур $L_{14}C_7$. На этом контуре выделяется сигнал первой промежуточной частоты 1,5 МГц, который поступает далее на магнитную антенну $Ан_2$ средневолнового диапазона, расположенную на расстоянии 1—10 см от катушки L_{14}. На эту же антенну принимаются сигналы СВ радиостанций.

Входной колебательный контур СВ диапазона состоит из катушки L_5, конденсатора переменной емкости C_{15}, подстроечного конденсатора C_{17} и конденсатора постоянной емкости C_{16}. Связь этого контура с контуром $L_{14}C_7$ можно увеличить, включив между ними конденсатор C_{49} (на рис. 1-22 обозначен пунктиром). Второй преобразователь частоты выполнен на транзисторе T_3 по схеме с совмещенным гетеродином и нагружен на резистор R_{11}. Выделяющееся на нем напряжение второй промежуточной частоты 465 кГц через конденсатор C_{23} поступает на первый каскад УПЧ, собранный на транзисторе T_4, включенном по схеме с ОБ. Этот каскад нагружен на фильтр сосредоточенной селекции L_8C_{25} L_9C_{29} $L_{10}C_{31}$, обеспечивающий основную избирательность приемника по соседнему каналу. Второй каскад УПЧ выполнен на транзисторах T_5, T_6, включенных по каскодной схеме и нагруженных на контур

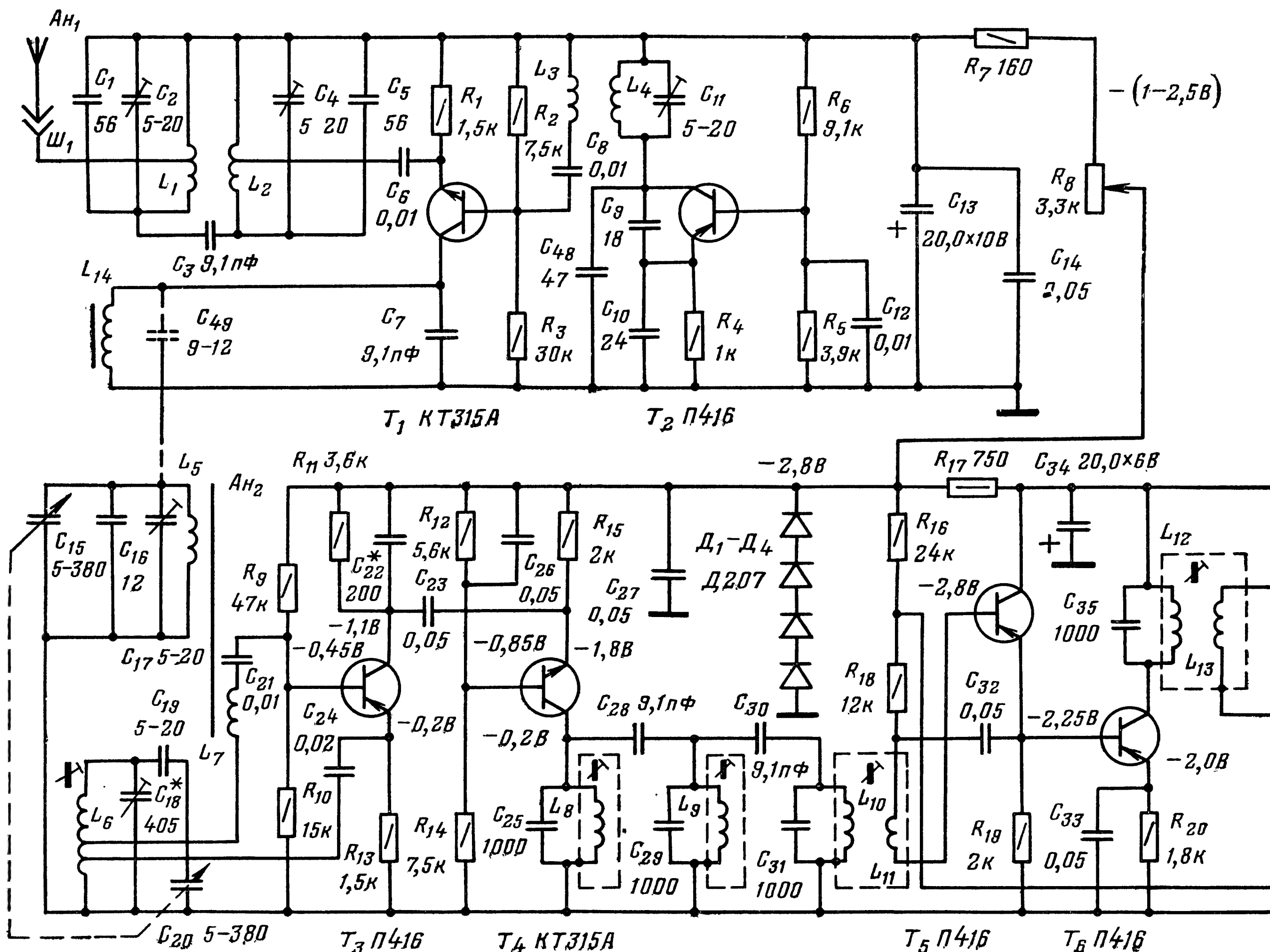


Рис. 1-22. Принципиальная схема супергетеродинного приемника с настройкой транзистором.

Таблица 1-1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник
L_1	11+5	ПЭВ-1 0,72	—
L_2	4,5+11,5	ПЭВ-1 0,72	—
L_3	2	ПЭВ-1 0,72	—
L_4	16	ПЭЛШО 0,25	—
L_5	50	ПЭЛШО 0,07×7	М400НН ∅ 8×140 мм
L_6	2+4+66	ПЭВ-1 3×0,09	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_7	6	ПЭЛШО 0,25	М400НН ∅ 8×140 мм
L_8	70	ПЭВ-1 7×0,07	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_9	70	ПЭВ-1 7×0,07	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_{10}	70	ПЭВ-1 7×0,07	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_{11}	4	ПЭЛШО 0,01	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_{12}	70	ПЭВ-1 7×0,07	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_{13}	70	ПЭЛШО 0,15	Фильтр ПЧ, «ВЭФ-12»
L_{14}	200	ПЭЛШО 0,15	М400НН ∅ 8×40 мм

Примечание. Катушки L_1 и L_2 намотаны на полистироловых каркасах диаметром 14 мм, на таком же каркасе намотаны катушки L_3 и L_4, расстояние между обмотками этих катушек 5 мм.

$L_{12}C_{35}$. С катушки связи L_{13} сигнал ПЧ поступает на детектор (диод $Д_5$), нагруженный регулятором громкости R_{24}.

В приемнике имеется усиленная система АРУ. Усилитель АРУ собран на транзисторе T_7. УНЧ — трехкаскадный на транзисторах T_8 — T_{11}, включенных по схеме с трансформаторным выходом. Нагружен усилитель на динамическую головку 1ГД-11. Высокочастотные транзисторы питаются напряжением, стабилизированным кремниевыми диодами $Д_1$—$Д_4$.

Радиоприемник собран в корпусе абонентского громкоговорителя «Дзиесма» (рис. 1-24). Детали его размещены на трех монтажных платах из фольгированного гетинакса (рис. 1-25). На первой плате смонтирован второй преобразователь частоты, усилитель второй промежуточной частоты, усилитель АРУ, детектор и диодный стабилизатор (рис. 1-26), на второй плате размещены детали УНЧ, а на третьей — детали первого преобразователя частоты с отдельным гетеродином (рис. 1-27).

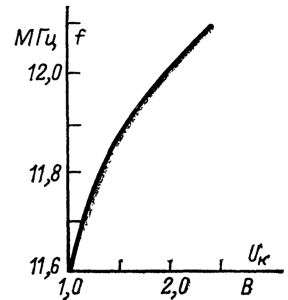


Рис. 1-23. Зависимость частоты настройки от напряжения на коллекторе транзистора T_2.

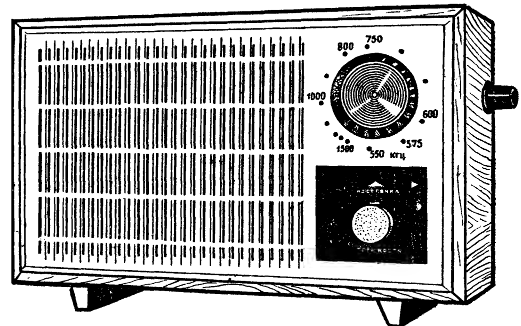
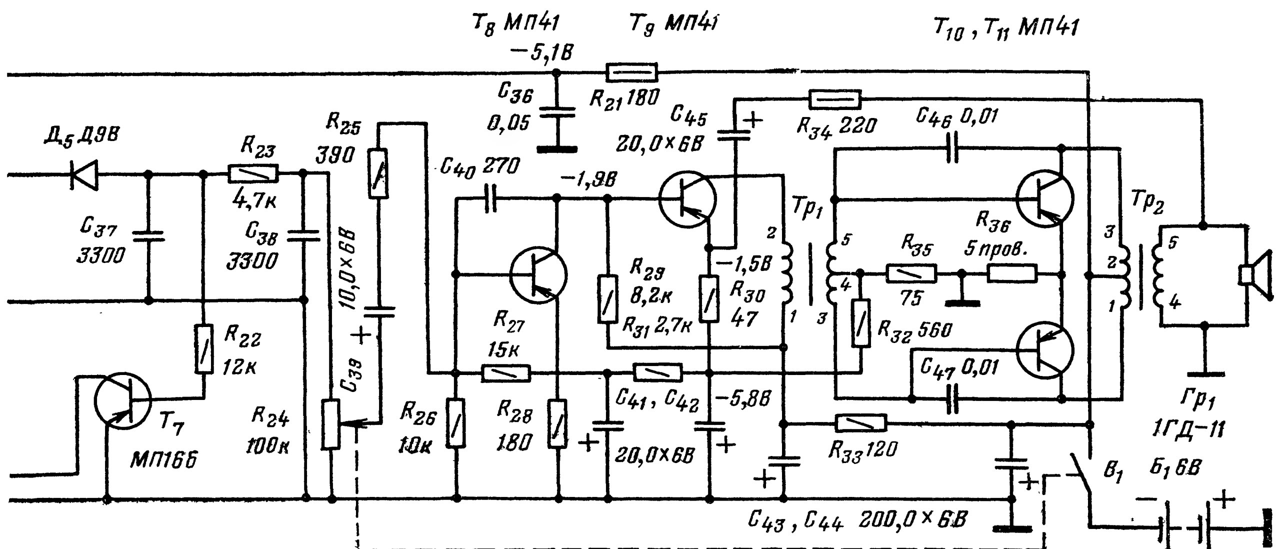


Рис. 1-24. Внешний вид приемника.



Намоточные данные катушек приведены в табл. 1-1. Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ имеют магнитопроводы Ш6×6 из сплава 45Н. Первичная обмотка $Тр_1$ (выводы *1-2*) содержит 1500 витков, а вторичная (выводы *3-4* и *4-5*) 500×2 витков провода ПЭВ-2 0,1. Первичная обмотка $Тр_2$ (выводы *1-2* и *2-3*) имеет 300×2 витков провода ПЭВ-2 0,18, а вторичная (выводы *4-5*) 90 витков ПЭВ-2 0,41.

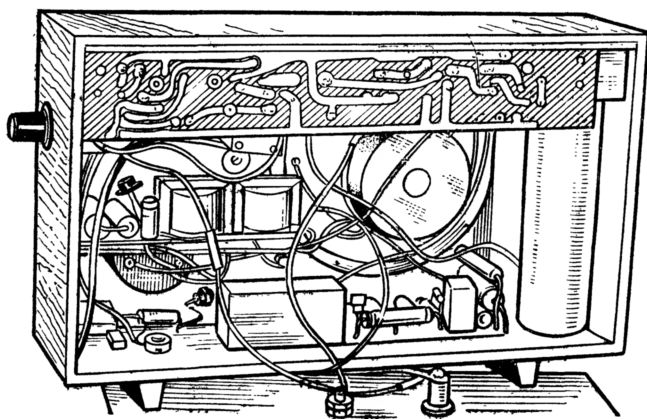


Рис. 1-25. Вид на монтаж приемника.

Налаживание приемника в СВ диапазоне сводится к сопряжению контура магнитной антенны $L_5C_{15}C_{16}C_{17}$ с контуром гетеродина $L_6C_{18}C_{19}C_{20}$.

Нижнюю границу СВ диапазона (550 кГц) устанавливают, изменяя индуктивность катушки L_6, а верхнюю (1600 кГц) — емкость подстроечного конденсатора C_{19}. Максимальной громкости приема радиостанций на нижней границе СВ диапазона добиваются, перемещая катушку L_5 по ферритовому стержню магнитной антенны, а на верхней — изменяя емкость конденсатора C_{17}. Конденсатор C_{18} состоит из двух, емкостью 330 и 75 пФ.

При налаживании первого преобразователя частоты вначале в СВ диапазоне настраивают приемник на первую промежуточную частоту 1,5 МГц. После этого добиваются нормальной работы смесителя и гетеродина КВ диапазона при минимальном напряжении на них (1,0—1,2 В) и полностью введенном резисторе R_8. Ток коллектора транзистора T_2 должен быть в этом случае не меньше 0,6—0,8 мА, а транзистора T_1 — 0,26—0,3 мА.

Затем следует убедиться в работоспособности преобразователя частоты КВ диапазона при любом положении движка резистора R_8 и приступить к установке границ этого диапазона. Для этого от генератора стандартных сигналов на вход приемника подают напряжение 25—30 мкВ частотой 11,8 МГц. Далее ручку резистора R_8 устанавливают в среднее положение и, изменяя емкость конденсатора C_{11}, настраивают приемник на эту частоту (в некоторых случаях может потребоваться параллельно конденсатору C_{11} подключить дополнительный конденсатор небольшой емкости). Затем, изменяя емкости конденсаторов C_2 и C_4, добиваются максимальной чувствительности приемника и проверяют установившиеся границы КВ диапазона. Максимальное сопротивление резистора R_8 соответствует нижней границе КВ диапазона, а минимальное — верхней.

Коэффициент перекрытия по частоте можно увеличить. Для этого начальную емкость колебательного контура гетеродина нужно уменьшить, конденсатор C_{48} исключить, а емкости конденсаторов C_9 и C_{10} сделать равными 10 пФ. Кроме того, следует увеличить индуктивность катушки L_4 и повысить до 9 В напряжение питания транзисторов первого преобразователя.

Приемник на микросхемах

Этот радиоприемник демонстрировался на 27-й Всесоюзной радиовыставке и был удостоен второго приза по отделу радиоприемной аппаратуры. Сконструировал его один из старейших авторов журнала «Радио» Е. Гумеля. Приемник рассчитан на прием программ РВ станций, работающих в диапазоне длинных (735—2000 м), средних (187—572 м) и коротких (25—75 м) волн. Номинальная чувствительность приемника 5 мкВ, избирательность при расстройке на ±10 кГц 40 дБ. Система АРУ обеспечивает изменение выходного напряжения на 6 дБ при изменении входного сигнала на 60 дБ. Выходная мощность приемника 250 мВт. Питается он от двух батарей 3336Л.

Принципиальная схема приемника показана на рис. 1-28. В его входных цепях применено последовательное включение контурных катушек L_1, L_2 и L_3. Это позволило для коммутации трех диапазонов использовать переключатель на два положения. На ДВ диапазоне переключатель находится в нейтральном положении. Катушки связи также включены последовательно и на КВ и СВ диапазонах накоротко замкнуты переключателем $B_{1б}$.

Преобразователь частоты выполнен по схеме дифференциального усилителя на транзисторах T_1 и T_2 первой микросхемы 1ММ6.0. На базу первого транзистора кроме напряжения сигнала поступает напряжение АРУ. Смещение на базу транзистора T_2 поступает от стабилизатора напряжения, функции которого выполняет каскад УПЧ, собранный на транзисторах T_5 — T_7, включенных по схеме составного транзистора. Это же напряжение поступает на базу транзистора T_1, но уже через цепь детекторного каскада и фильтр АРУ $R_{12}C_5$, благодаря чему преобразовательный каскад по постоянному току можно не балансировать.

Гетеродин выполнен на двух транзисторах T_3 и T_4. Это позволило упростить коммутацию катушек связи с контуром гетеродина, применив в гетеродинном контуре последовательное включение как обмоток связи, так и самих контурных катушек. Резистор R_{10} в эмиттерных цепях транзисторов T_3, T_4 является элементом обратной связи, с него же снимается напряжение, поступающее на преобразовательный каскад. При последовательном включении катушек L_7 — L_9 гетеродинного контура сопрягающие конденсаторы C_{19}, C_{23} и C_{24} также включаются последовательно, поэтому их емкости больше общепринятых. Резистор R_9 предотвращает паразитную генерацию на частотах, определяемых индуктивностью и емкостью выводов транзисторов и монтажа. Питается гетеродин, как и преобразователь частоты, от стабилизатора напряжения.

Преобразователь частоты нагружен на трехконтурный фильтр $L_{13}C_9$, $L_{14}C_{10}$, $L_{15}C_{11}$ с большим (80 кОм) резонансным сопротивлением, что обеспечивает высокий коэффициент усиления преобразовательного каскада. Чтобы подключить УПЧ к фильтру без применения отводов, преобразователь частоты выполнен на составном транзисторе T_5 — T_7. При этом два первых транзистора включены по схеме с ОК, которая имеет большое выходное сопротивление (1 МОм), а третий — по схеме с ОЭ, имеющей сравнительно низкое выходное сопротивление, хорошо согласующееся с входным сопротивлением детекторного каскада. Транзистор T_8 стабилизирует режим каскада УПЧ и обеспечивает постоянство его усиления при изменении напряжения питания. Так как напряжение на эмиттере транзистора T_7 достаточно

Рис. 1-26. Первая печатная плата приемника.

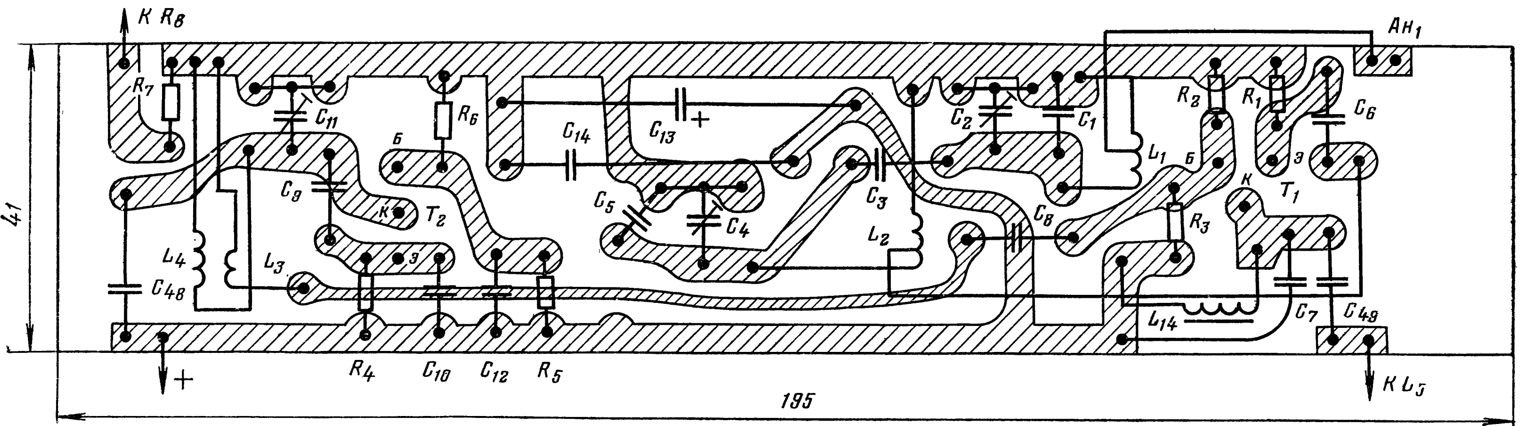


Рис. 1-27. Третья печатная плата приемника.

Рис. 1-28. Принципиальная схема приемника на микросхемах.

стабильно даже при значительном (от 9 до 4,5 В) изменении напряжения питания, то, как упоминалось ранее, оно используется для питания гетеродина и цепей смещения транзисторов преобразовательного каскада.

Детектор приемника выполнен на диодах $Д_1$, $Д_2$ по схеме с удвоением напряжения. Конденсатор C_{13} уменьшает уровень шумов, поступающих в детекторный каскад из коллекторной цепи транзистора T_7. Напряжение АРУ подается на базу транзистора T_1 и воздействует

денсатор переменной емкости КПТМ-1 от приемника «Вега», электролитические конденсаторы К50-6, остальные — КМ. Динамическая головка от приемника «Селга» (0,25ГД-1 РРЗ).

Контурные катушки гетеродина намотаны на трехсекционных каркасах от приемника «Орбита-2», причем катушка КВ диапазона имеет подстроечный сердечник из феррита 100ВЧ вместо 600НН. Выходной автотрансформатор намотан на магнитопроводе и каркасе транс-

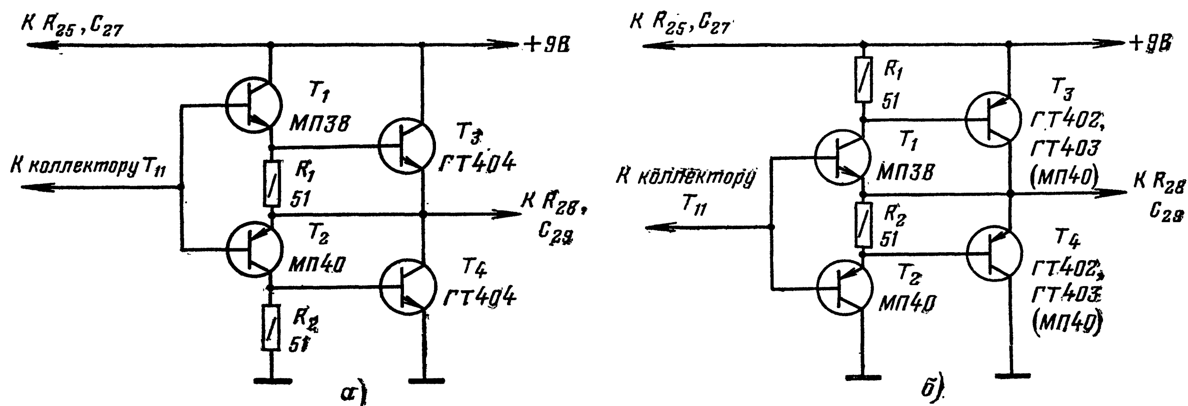


Рис. 1-29. Схемы выходных каскадов.

а — на транзисторах структуры *n-p-n*; *б* — на транзисторах структуры *p-n-p*.

на работу этого каскада таким образом, что с ростом сигнала ток через транзистор увеличивается. Такое включение цепи АРУ создает некоторое смещение в прямом направлении на диодах детектора за счет тока базы транзистора T_1. Это стабилизирует рабочую точку детектора при изменении окружающей температуры.

УНЧ собран на третьей микросхеме (T_9 — T_{12}) и транзисторах T_{13} — T_{16}. Для предварительного усиления используются транзисторы T_9—T_{11}, включенные по схеме с ОЭ. Резисторы R_{22} и R_{18} в эмиттерных цепях транзисторов T_9, T_{12} создают ООС по току и предотвращают генерацию УНЧ на высоких частотах из-за очень хороших высокочастотных параметров этих транзисторов. Выходной каскад УНЧ выполнен по бестрансформаторной схеме. Он работает без тока покоя, что повышает экономичность приемника и стабильность параметров УНЧ при изменении температуры окружающей среды.

Режим всего УНЧ стабилизируется ООС по постоянному току, напряжение которой снимается с эмиттеров выходных транзисторов T_{15}, T_{16} и подается на базу транзистора T_9. В цепь ООС включен транзистор T_{12}, обеспечивающий при изменении напряжения питания такое положение рабочей точки выходного каскада, при котором напряжение на эмиттерах транзисторов T_{13}, T_{14} всегда равно половине напряжения источника питания. Обратная связь по переменному току в цепи эмиттера транзистора T_{10} повышает его входное сопротивление и позволяет обойтись без эмиттерного повторителя между первым и вторым каскадами УНЧ. Использование этой схемы позволяет также существенно снизить искажения на низких частотах, так как напряжение обратной связи снимается здесь не до разделительного конденсатора C_{29}, а непосредственно с верхнего вывода автотрансформатора $Тр_1$.

Приемник смонтирован в корпусе приемника «Вега». Магнитная антенна выполнена из феррита 150 ВЧ. На ней размещены катушки КВ и СВ входных контуров. Катушка входного ДВ контура находится на магнитопроводе Б8 (от приемника «Сокол»). Переключатель диапазонов кнопочный — типа П2К. Постоянные резисторы типа МЛТ-0,25, переменный резистор СП3-4. Кон-

форматора приемника «Сокол». Его обмотка (выводы *1-2-3*) содержит 100+200 витков провода ПЭВ-2 0,2. Намоточные данные катушек приведены в табл. 1-2.

Налаживание собранного приемника начинают с проверки правильности монтажа. Затем, подбирая сопротивление резистора R_{15}, устанавливают на эмиттерах транзисторов выходного каскада напряжение, равное половине напряжения источника питания. Далее, изменяя сопротивление резистора R_8, устанавливают на эмиттере транзистора T_7 напряжение 1 В. После этого обычным порядком фильтр ПЧ настраивают на частоту 465±±2 кГц и проверяют работу приемника в КВ диапазоне с наружной антенной. Во всем этом диапазоне не должно быть сильных свистов и шипения. Чтобы их устра-

Таблица 1-2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник
L_1	7	ПСР 0,6	М150ВЧ 8×120
L_4	3	ПЭВ-2 0,25	М150ВЧ 8×120
L_2	85	ЛЭШО 10×0,07	М150ВЧ 8×120
L_5	9	ПЭЛШО 0,15	М150ВЧ 8×120
L_3	130×3	ПЭВ-2 0,08	Ч5 8,8 мм 600НН
L_6	30	ПЭЛШО 0,1	Ч5 8,8 мм 600НН
L_7	6×3	ПЭЛШО 0,15	М100ВЧ 2,8×12
L_{10}	3	ПЭЛШО 0,15	М100ВЧ 2,8×12
L_8	40×3	ПЭВ-2 0,12	М600ВЧ 2,8×12
L_{11}	12	ПЭЛШО 0,1	М600ВЧ 2,8×12
L_9	55×3	ПЭВ-2 0,1	М600ВЧ 2,8×12
L_{12}	20	ПЭЛШО 0,1	М600ВЧ 2,8×12
L_{13}	33×3	ЛЭ5×0,06	Ч5 8,8 мм 600НН
L_{14}	33×3	ЛЭ5×0,06	Ч5 8,8 мм 600НН
L_{15}	33×3	ЛЭ5×0,06	Ч5 8,8 мм 600НН

нить, следует увеличить сопротивление резистора R_9. Если же в начале КВ диапазона гетеродин не возбуждается, сопротивление этого резистора следует уменьшить до появления устойчивой генерации во всем диапазоне. Далее устанавливают границы диапазонов, начиная с коротковолнового. Для этого подстраивают индуктивность катушек гетеродинных контуров (L_7 в КВ диапазоне, L_8 — в СВ, L_9 — в ДВ) и емкость подстроечных конденсаторов (соответственно C_{20}, C_{21} и C_{22}). Так как блок конденсаторов переменной емкости имеет только четыре подстроечных конденсатора, в КВ контурах следует применить конденсаторы КПК-М или подобрать емкости конденсаторов постоянной емкости.

Входные контуры настраивают, перемещая катушки по стержню ферритовой антенны, сначала в КВ диапазоне, а затем в СВ. В ДВ диапазоне входной контур подстраивают сердечником катушки L_3. Ферритовый стержень из материала 150ВЧ можно заменить стержнем из материала 400НН. В этом случае входную катушку коротковолнового контура следует намотать на отдельном каркасе (таком же, как и каркас гетеродинного контура, сохранив прежнее число витков), а входные катушки СВ и ДВ диапазонов разместить на стержне антенны. Для КВ диапазона в этом случае следует использовать либо штыревую, либо рамочную антенну, связав ее с входным контуром несколькими витками (5—8) провода, намотанными на том же каркасе, что и катушка L_1.

Если в распоряжении радиолюбителя имеются транзисторы средней мощности только одной структуры (*n-p-n* или *p-n-p*) схему выходного каскада нужно выполнить так, как показано на рис. 1-29.

Приемник с общим АМ-ЧМ трактом

Радиоприемник В. Вейса (рис. 1-30) запомнился многим посетителям 25-й Всесоюзной радиовыставки. Он обращал на себя внимание не только отличным внешним видом и исключительно высокими параметрами, но и тем, что построил его не опытный радиолюбитель, а инженер-механик, радиолюбительский стаж которого насчитывал к тому времени всего три года.

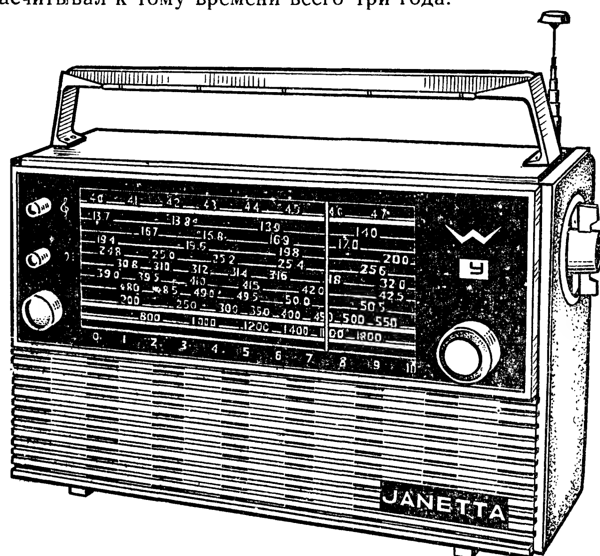


Рис. 1-30. Внешний вид приемника с общим АМ-ЧМ трактом.

Отличительной особенностью приемника В. Вейса является отсутствие в нем отдельного УКВ блока. УВЧ, преобразователь частоты, гетеродин и УПЧ используются в нем, как в АМ, так и ЧМ трактах. Переключаются только высокочастотные контуры, детекторы и фильтры сосредоточенной селекции. Чтобы исключить взаимное влияние непереключаемых высокочастотных контуров, автор разработал специальный шестисекционный конденсатор переменной емкости на базе конденсатора с твердым диэлектриком фирмы «Тесла».

Радиоприемник В. Вейса рассчитан на прием программ РВ с АМ в диапазонах длинных 2000—735 м (150—408 кГц), средних 571—187 м (1605—525 кГц), коротких волн 25,6—25 м (11,6—12,0 МГц), 31,6—30,6 м (9,4—9,9 МГц), 42,8—40,6 м (7,0—7,4 МГц), 51,3—47,6 м (5,85—6,3 МГц) и для приема ЧМ сигналов радиостанций в диапазоне ультракоротких волн 4,56—4,11 м (65,8—73,0 МГц).

Чувствительность приемника в диапазоне ДВ и СВ 1 мВ/м (при работе на магнитную антенну), в диапазоне КВ 10 мкВ (при работе на телескопическую антенну), в диапазоне УКВ 5 мкВ. Избирательность по соседнему каналу при приеме АМ сигналов 90 дБ, усредненная крутизна скатов резонансной характеристики при приеме ЧМ сигналов 0,2—0,3 дБ/кГц. Система АРУ АМ тракта обеспечивает колебание сигнала на выходе приемника на 6 дБ при изменении входного сигнала на 60 дБ. В диапазоне УКВ имеется АПЧ.

Номинальная выходная мощность УНЧ приемника 500 мкВт. Полоса рабочих частот АМ тракта 100—6000 Гц, ЧМ тракта 100—12 000 кГц. Имеется раздельная регулировка тембра по высшим и низшим звуковым частотам с диапазоном регулировки на частотах 150 и 5000 Гц — 15 дБ. Питается приемник от шести элементов 373 и одного 316. Ток, потребляемый в режиме молчания, 20—25 мА. Размеры приемника 280×180×90 мм, масса 3,5 кг.

Принципиальная схема приемника В. Вейса (рис. 1-31) мало чем отличается от схемы обычного АМ приемника. В зависимости от диапазона работает он на магнитную, штыревую и наружную антенны. Входные цепи состоят из одиночных колебательных контуров. Связь их с УВЧ в диапазоне УКВ емкостная, а в остальных диапазонах индуктивная. Емкости конденсаторов входных и гетеродинных контуров КВ диапазона в пикофарадах приведены в табл. 1-3.

УВЧ собран на транзисторах T_1, T_2, включенных по каскодной схеме. Он нагружен на одиночные колебательные контуры, имеющие индуктивную связь с преобразователем частоты на всех диапазонах, кроме диапазона УКВ, где связь емкостная. При приеме сильных сигналов в диапазоне УКВ контур УВЧ $L_{20}C_{28}C_{30}C_{31}$ шунтируется диодом $Д_1$.

Транзистор T_3 используется в системе АРУ. Гетеродин выполнен на транзисторе T_4, включенном по схеме с ОБ. Автоматическая подстройка частоты в УКВ диапазоне осуществляется варикапом $Д_2$, включенным в контур гетеродина. Питается гетеродин от отдельного стабилизатора напряжения на стабилитронах $Д_3$—$Д_8$.

Таблица 1-3

Диапазон	Обозначение на рис. 1-31									
	C_{12}	C_{14}	C_{15}	C_{23}	C_{26}	C_{27}	C_{33}	C_{35}	C_{45}	C_{56}
49 м	62	62	47	62	62	47	47	47	62	200
41 м	36	72	47	36	72	47	47	56	36	150
31 м	33	80	47	33	80	47	47	68	33	110
25 м	30	80	56	30	80	56	56	68	30	91

Таблица 1-4

Обозначение рис. 1-31	Число витков	Провод	Сердечник
L_1	38×5	ПЭЛШО 0,1	М600НН
L_2	65	ПЭЛШО 0,07× ×7	Ø=8×140
L_3	21	ПЭЛШО 0,1	—
L_4	7	ПЭЛШО 0,18	—
L_5	130×4	ПЭВ-1 0,09	М600НН Ø=2,8×14
L_6	25	ПЭЛШО 0,18	—
L_7	30+20+ +50×3	ЛЭ 0,04×4	М600НН Ø=2,8×14
L_8	15	ПЭЛШО 0,18	—
L_9	30+10+ +40×3	ЛЭ 0,04×4	М600НН Ø=2,8×14
L_{10}	20	ПЭЛШО 0,18	—
L_{11}	15+10+ +25×3	ЛЭ 4×0,04	М600НН Ø=2,8×14
L_{12}	10	ПЭЛШО 0,18	—
L_{13}	49 м 18+7	ПЭЛШО 0,1	М100НН Ø=2,8×12
	41 м 13+7	ПЭЛШО 0,1	М100НН Ø=2,8×12
	31 м 9+6	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
	25 м 10+4	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
L_{14}, L_{16}, L_{18}	49 м 4	ПЭЛШО 0,18	—
		ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
	41 м	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
	31 м	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
	25 м	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
L_{15}	49 м 7+18	ПЭЛШО 0,1	М100НН Ø=2,8×12
			—
	41 м 7+13	ПЭЛШО 0,1	М100НН Ø=2,8×12
	31 м 5+10	ПЭЛШО 0,18	М100НН Ø=2,8×12
	25 м 3+10	ПЭЛШО 0,18	
L_{17}	49 м 5+20 41 м 4+20 31 м 5+20 25 м 3+10	ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,1	М100НН Ø=2,8×12
L_{19}, L_{20}	6	ПМ 1,0	Латунь Ø=3×10
L_{21}	5	ПМ 1,0	Латунь Ø=3×10
L_{22}, L_{31}, L_{32}	33×3	ЛЭ 5×0,06	М600НН Б9
L_{23}, L_{25}, L_{28}, L_{29}, L_{33}	30	ПЭВ 5×0,06	М100НН Ø=2,8×12
L_{24}	21	ПЭВ 5×0,06	М100НН Ø=2,8×12
L_{26}	72	ПЭВ 0,1	М600НН Б9
L_{27}	37	ПЭВ 0,1	На каркасе L_{26}
L_{30}	3	ПЭЛШО 0,18	На каркасе L_{29}
L_{34}	15	ПЭЛШО 0,18	На каркасе L_{29}
L_{35}	15+15	ПЭВ 5×0,06	М100НН Ø=2,8×12
L_{36}	100	ПЭВ 0,1	М600НН Б9
L_{37}	100	ПЭВ 0,1	На каркасе L_{36}

Напряжение стабилизации 4—4,5 В. Коэффициент полезного действия стабилизатора напряжения повышается дополнительным стабилизатором тока на транзисторе T_5 и стабилитроне $Д_9$. Ток стабилизации 2,5 мА.

Преобразователь частоты выполнен на транзисторе T_6. Напряжения сигнала и гетеродина поступают на базу этого транзистора. В зависимости от положения переключателя $B_{1а}$ преобразователь частоты может быть нагружен на фильтр сосредоточенной селекции, настроенный на промежуточную частоту АМ или ЧМ тракта.

Фильтр сосредоточенной селекции АМ тракта состоит из резонансного контура $L_{26}C_{62}$ и двух пьезокерамических фильтров ПФ1П-2 с входными и выходными сопротивлениями 1200 и 600 Ом соответственно. Сопротивление такого составного фильтра равно 1200 Ом и хорошо согласуется с входным сопротивлением УПЧ. При приеме ЧМ сигналов преобразователь частоты оказывается нагруженным на фильтр сосредоточенной селекции из трех резонансных контуров $L_{23}C_{63}$, $L_{24}C_{65}$, $L_{25}C_{67}C_{68}$ с внешнеемкостной связью.

УПЧ собран на транзисторах $T_7 — T_{11}$. Контуры ПЧ, настроенные на промежуточные частоты АМ и ЧМ сигналов, включены в коллекторные цепи транзисторов последовательно и не коммутируются. Из-за большой разности резонансных частот АМ и ЧМ контуры ПЧ промежуточной частоты практически не влияют друг на друга.

Частотный детектор выполнен по схеме детектора отношений на диодах $Д_{10} — Д_{11}$, а амплитудный детектор — по однополупериодной схеме на диоде $Д_{12}$. Этот же диод выполняет функции детектора АРУ. Напряжение АРУ через резисторы R_{50}, R_{37} и R_8 подается на базы транзисторов T_3 и T_9. Амплитудные характеристики регулируемых каскадов линейны практически при любом входном сигнале.

УНЧ выполнен на транзисторах $T_{12} — T_{18}$ по схеме с бестрансформаторным выходом. Для предотвращения самовозбуждения усилителя базовые цепи двух первых его каскадов питаются от стабилизированного источника питания гетеродина. Громкость регулируется резистором R_{57}, тембр высших звуковых частот резистором R_{66}, а низших — R_{64}. Нагружен усилитель на динамическую головку 1ГД-28.

Лампы $Л_1$ и $Л_2$ подсвечивают шкалу приемника. Конструктивно приемник выполнен в виде четырех разъемных блоков (рис. 1-32): КСДВ, ВЧ, ФСС, ПЧНЧ.

Блок КСДВ представляет собой барабанный переключатель на десять положений, разделенный металлическими перегородками на три секции. Вместе с фольгированными планками переключателя перегородки образуют отсеки, в которых размещены входные и гетеродинные контуры приемника, причем на планке УКВ блока смонтирован только входной контур, а гетеродинный и высокочастотный контуры размещены в блоке ВЧ. Все контурные катушки приемника намотаны на каркасах фабричного приемника «ВЭФ-12» (можно использовать и каркасы «ВЭФ-201»). Намоточные данные катушек приведены в табл. 1-4.

Блок ВЧ выполнен на плате из фольгированного гетинакса. На ней размещены детали УВЧ и гетеродина, магнитная антенна, контактная планка переключателя B_1, изготовленная из двух отрезков планок радиоприемника «Спидола», и три двухсекционных конденсатора переменной емкости фирмы «Тесла» (рис. 1-33, *а, б*). В секциях конденсаторов, работающих в диапазоне УКВ, число пластин статора уменьшено до двух. Катушки УКВ контуров УВЧ и гетеродина размещены у выводов конденсатора переменной емкости, причем гетеродинный контур заключен в металлический экран.

В блок ФСС входят фильтры сосредоточенной селекции АМ и ЧМ трактов и секции переключателя $B_{1а}$, $B_{1б}$, $B_{1в}$ «Сокол», с помощью кулачкового механизма кинематически связанного с барабанным переключателем B_1. Все детали блока ФСС смонтированы на плате

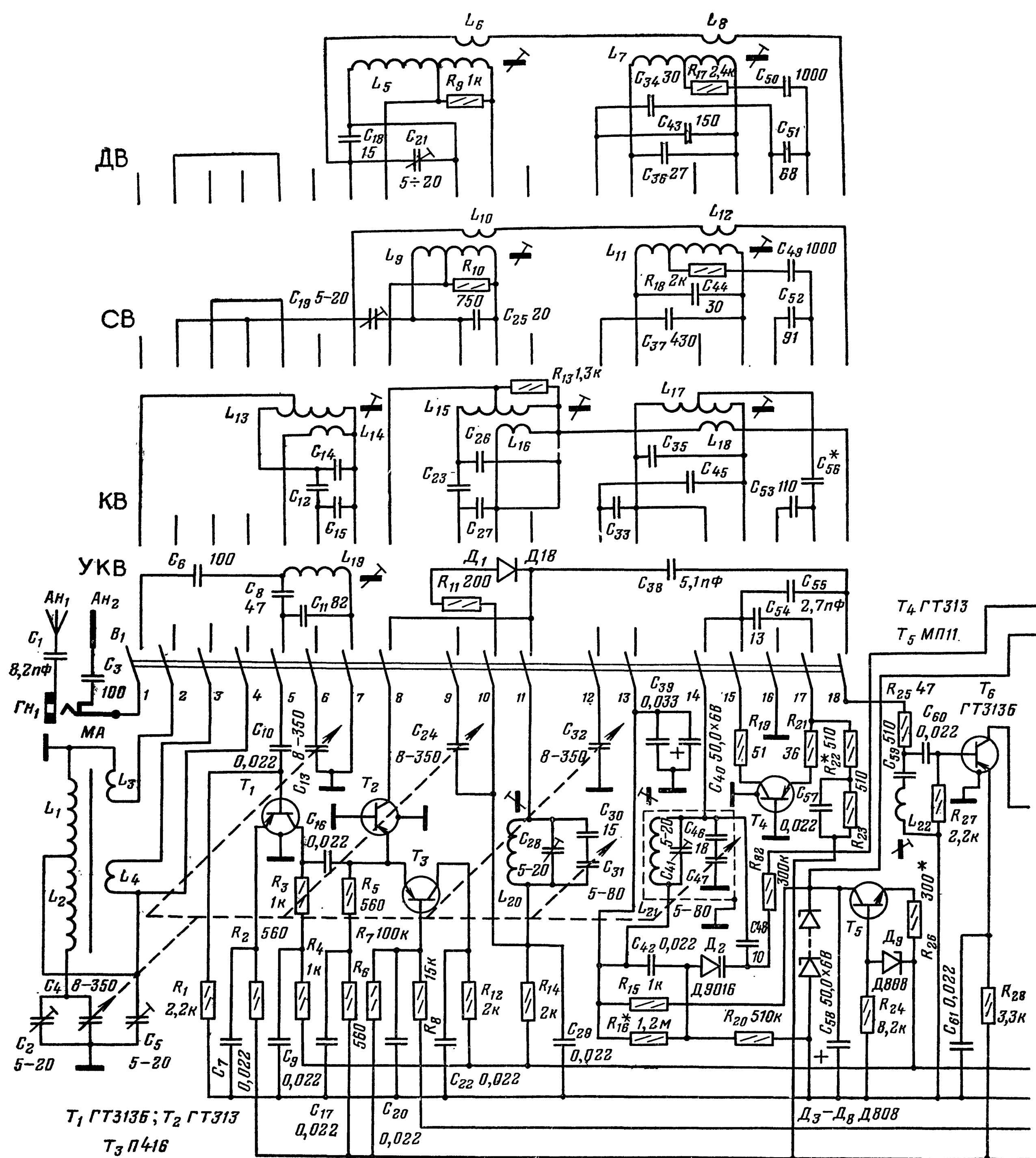
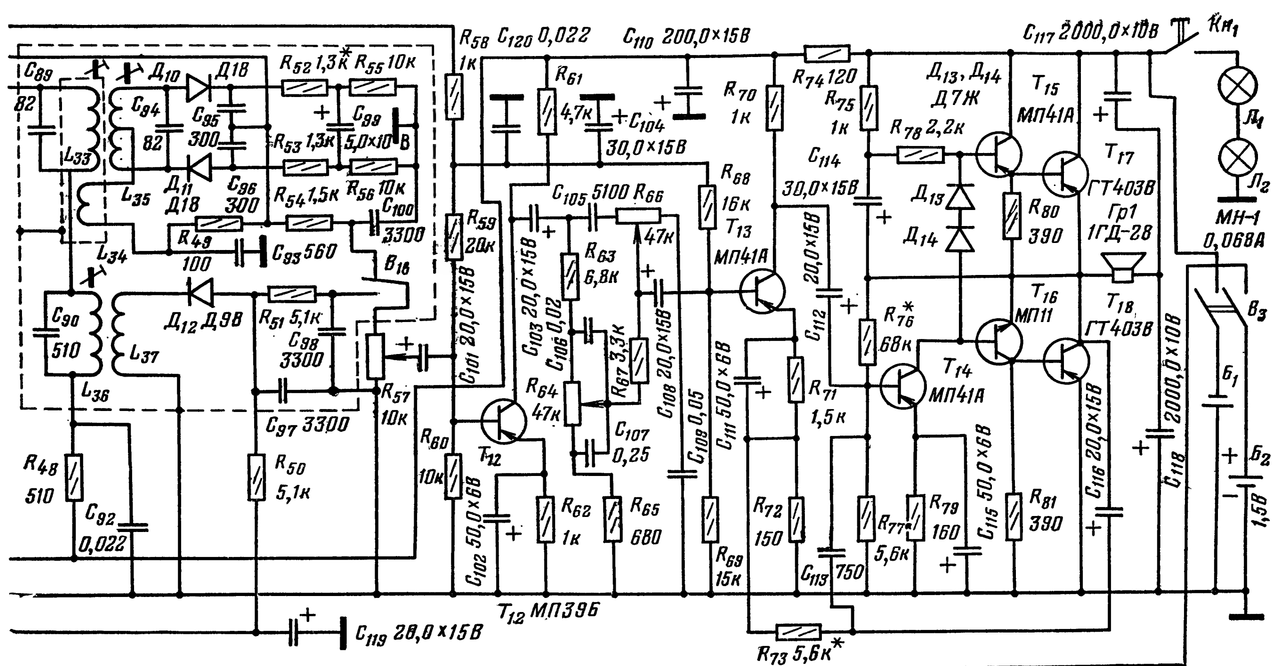
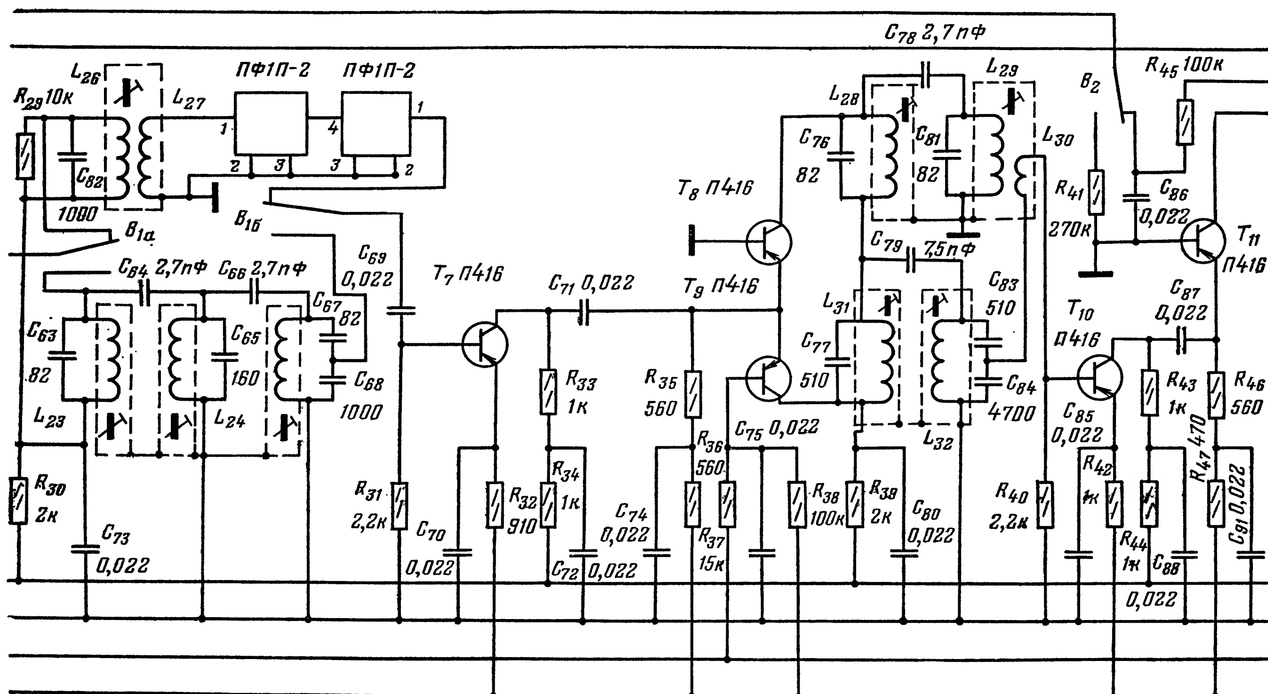


Рис. 1-31. Принципиальная схема приемника.



R58 1к
C120 0,022
C110 200,0×15В
C117 2000,0×10В
Кн1
C89
82
Д10
Д18
R52 1,3к*
R55 10к
C94
82
C95
300
R53 1,3к
C99
5,0×10В
L33
Д11
Д18
C96
300
R54 1,5к
R56 10к
C100
3300
L35
R49
100
C93 560
L34
В1в
C90
510
Д12 Д9В
R51 5,1к
C98
3300
L37
R57
10к
L36
C97 3300
R48
510
C92
0,022
R50
5,1к
C119 20,0×15В
R61
4,7к
C104
30,0×15В
R59
20к
C101 20,0×15В
C105 5100
R66
47к
C103 20,0×15В
C106 0,02
R63
6,8к
R67 3,3к
C108 20,0×15В
R64
47к
C107
0,25
T12
R60
10к
C102 50,0×6В
R62
1к
R65
680
T12 МП39Б
C109 0,05
R68
16к
T13
МП41А
R69
15к
R70
1к
R74 120
R75
1к
C114
30,0×15В
C112 20,0×15В
C111 50,0×6В
R71
1,5к
R72
150
C113 750
R73 5,6к*
Д13, Д14
Д7Ж
R78 2,2к
Д13
Д14
R76*
68к
T14
МП41А
R77
5,6к
R79
160
C115 50,0×6В
T15
МП41А
R80
390
T16
МП11
R81
390
T17
ГТ403В
Гр1
1ГД-28
T18
ГТ403В
C116 20,0×15В
C118 2000,0×10В
Л1
Л2
МН-1
0,068А
В3
Б1
Б2
1,5В



C78 2,7пФ
R45 100к
L26
R29 10к
L27
ПФ1П-2
ПФ1П-2
1
4
1
2
3
3
2
C82
1000
В1а
В1б
C64 2,7пФ
C66 2,7пФ
C63
82
L23
C65
160
L24
C67
82
C68
1000
C69
0,022
R30
2к
C73
0,022
T7 П416
C71 0,022
R31
2,2к
C70
0,022
R32
910
R33
1к
R34
1к
C72 0,022
T8 П416
T9 П416
R35
560
R36
560
R37
15к
C74
0,022
C75 0,022
R38
100к
L28
C76
82
L29
C81
82
L30
C79 7,5пФ
L31
C77
510
C83
510
C84
4700
L32
R39
2к
C80
0,022
В2
R41
270к
C86
0,022
T11
П416
T10
П416
C87
0,022
R40
2,2к
C85
0,022
R42
1к
R43
1к
R44
1к
C88
0,022
R46
560
R47 470
C91 0,022

из стеклотекстолита, которая размещена в корпусе над платой ПЧНЧ. Контурные катушки фильтра сосредоточенной селекции ЧМ тракта ($L_{23}L_{24}L_{25}$) заключены в алюминиевые цилиндрические экраны диаметром 20 мм.

В блоке ПЧНЧ (рис. 1-34) размещены детали преобразователя частоты, УПЧ и УНЧ, смонтированные на одной печатной плате. С нижней стороны платы на расстоянии 5 мм закреплен экран из листового дюралюминия толщиной 1 мм. Все контурные катушки и детекторные каскады заключены в отдельные экраны. Детекторные каскады коммутируются переключателем $B_{1в}$ блока ФСС. С остальными блоками приемника блок ПЧНЧ соединен малогабаритными разъемами.

Все блоки приемника смонтированы в корпусе из листового текстолита толщиной 3 мм. Шкала выполнена методом гравировки на органическом стекле и с торцов подсвечивается двумя лампочками. При сборке приемника особое внимание следует обратить на тщательность монтажа. Проводники должны быть возможно меньшей длины, а входы и выходы усилителей приемника максимально разнесены. Коэффициенты передачи тока использованных транзисторов должны составлять 20—50. В первом каскаде УВЧ и в преобразователе частоты желательно использовать транзисторы с малыми коэффициентами шума. Больше всего подходят для этих каскадов ГТ313Б. Пьезокерамические фильтры должны иметь одинаковые частоты настройки, в противном случае может наблюдаться сужение полосы пропускания тракта ПЧ.

Налаживание приемника производится по методике, неоднократно описанной в различной радиолюбительской литературе. Коллекторный ток транзистора T_1 должен быть 2—3 мА, T_6 — 0,3—0,5 мА. Токи коллекторов остальных транзисторов устанавливаются автоматически в пределах 0,7—1 мА. Во избежание искажений ток покоя выходных транзисторов T_{17}—T_{18} должен быть не менее 5—7 мА.

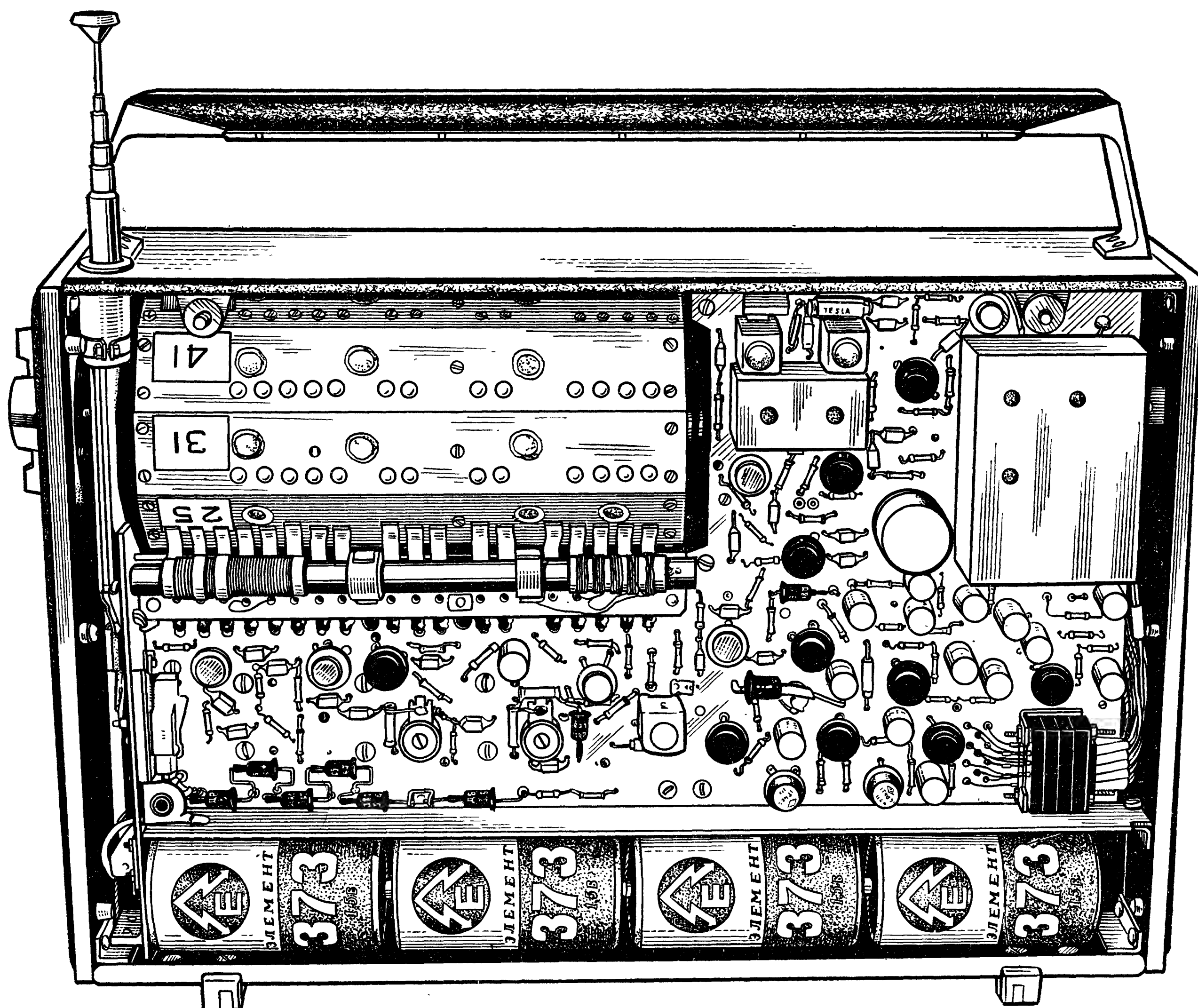


Рис. 1-32. Вид на монтаж приемника.

а)

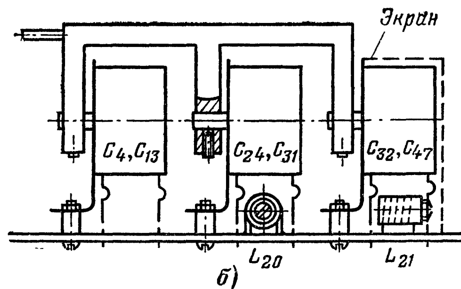


Рис. 1-33. Печатная плата УВЧ.

Стереодекодер

С развитием стереофонического вещания у многих радиолюбителей, имеющих радиоприемники с УКВ диапазоном и стереофонические УНЧ, возникает желание построить стереодекодер, позволяющий принимать стереофонические передачи. В публикуемой статье вниманию радиолюбителей предлагается описание стереодекодера, сконструированного ленинградским инженером В. Коноваловым.

Этот прибор рассчитан на работу с радиоприемником, имеющим УКВ диапазон, и стереофонический УНЧ с входным сопротивлением 500 кОм и чувствительностью 250 мВ. Рабочий диапазон частот 30—15 000 Гц. Переходные затухания между каналами стереодекодера на частотах 300 Гц—26 дБ, 1000 Гц—34 дБ, 5000 Гц — 25 дБ и 10 000 Гц — 20 дБ. Коэффициент гармоник 1%, коэффициент передачи $1 \pm 0{,}5$.

Стереодекодер собран на пяти транзисторах (рис. 1-35). Работает он по суммарно-разностному принципу. Комплексный стереосигнал, поступающий на декодер с выхода частотного детектора УКВ радиоприемника, усиливается транзистором T_1 и подается на базу транзистора T_2 усилителя — восстановителя поднесущей частоты 31,25 кГц. Восстановление подавленной при передаче поднесущей частоты происходит с сохранением всех необходимых фазовых и амплитудных соотношений сигнала. Добротность контура восстановления L_2C_4 в коллекторной цепи транзистора T_2 должна быть равна добротности контура подавления в передающей аппаратуре и составлять 100 единиц. В противном случае появляется сдвиг фаз, из-за которого нельзя получить достаточно хорошее разделение стереофонических каналов на всех частотах звукового спектра. В изготовленном образце контура восстановления добротность катушки L_2 равна 40.

Для повышения добротности до 100 оказалось необходимым ввести ПОС, напряжение которой снимается с катушки L_2 и через обмотку обратной связи L_1 подается на базу транзистора T_2. Уровень сигнала восстановленной поднесущей частоты 14 ± 1 дБ регулируется резистором R_{10}.

Низкочастотная суммарная составляющая стереосигнала А+В через частотно-зависимый делитель $R_6R_9C_5$ поступает на схему сложения R_{17}—R_{24}. Одновременно делитель $R_6R_9C_5$ выполняет функции компенсатора предыскажений. На транзисторе T_3 собран усилитель надтональной части сигнала, иными словами, сигнала поднесущей частоты, модулированного по амплитуде разностью сигналов A—B. В цепь коллектора транзистора T_3 включен трансформатор, первичная обмотка которого L_3 настроена на поднесущую частоту 31,25 кГц. Для компенсации предыскажений надтональной части сигнала и достаточного разделения каналов на высоких модулирующих частотах добротность этой обмотки на частоте 31,25 кГц должна быть 4,9, что

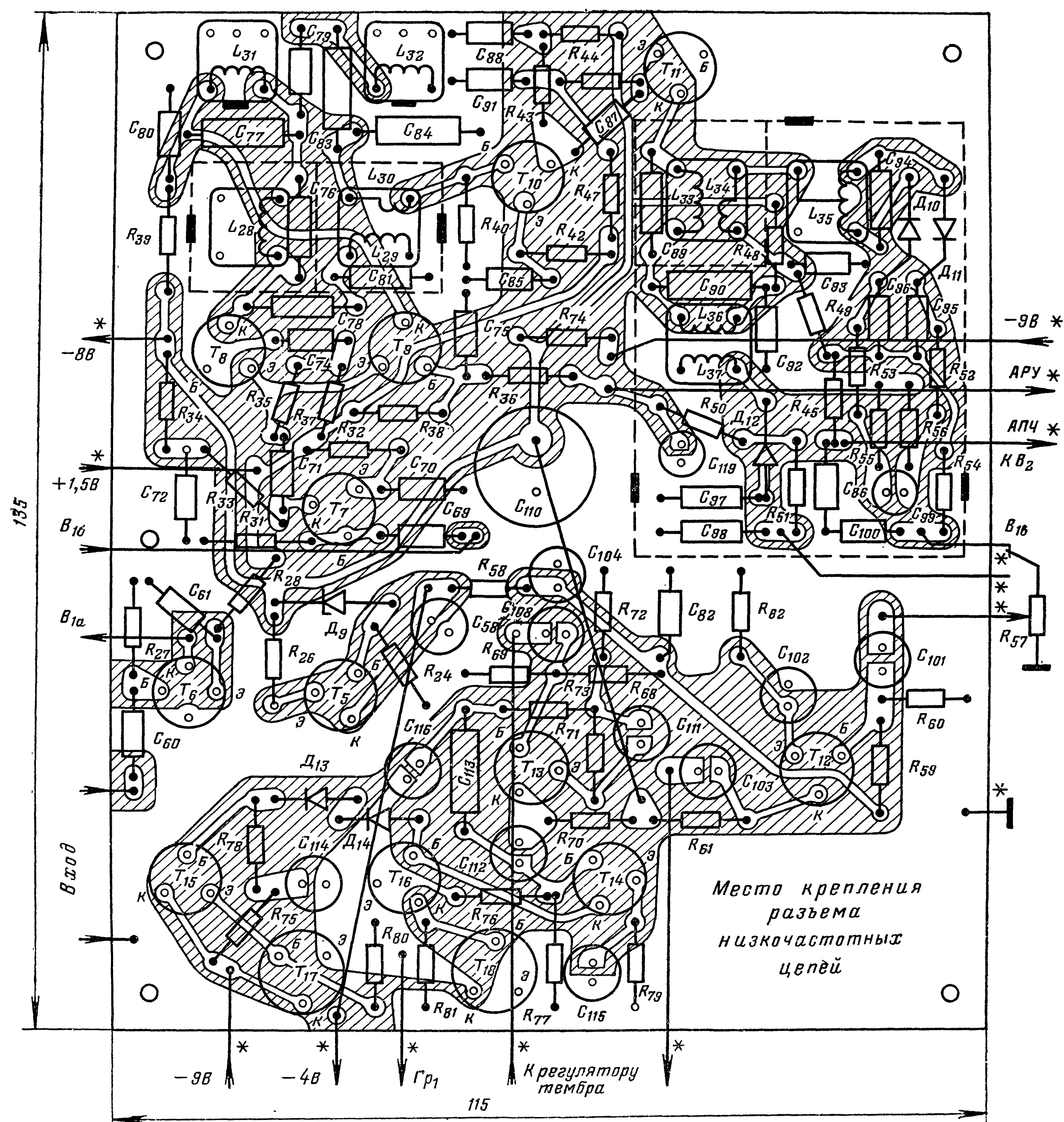


Рис. 1-34. Печатная плата УПЧ и УНЧ.

достигается шунтированием обмотки L_3 резистором R_{16}. Во вторичную обмотку трансформатора L_4 включен диодный мост $Д_1$ — $Д_4$. Конденсатор C_9 во вторичной обмотке L_4 подавляет первую гармонику поднесущей частоты 31,25 кГц. На выходе детектора получается разность сигналов $A—B$.

янные резисторы ВС-0,25, переменные R_{10}, R_{20}, R_{22} — СП3-1б, терморезисторы R_{25}, R_{27} — КМТ-1. Конденсаторы C_4, C_5, C_8 — КСО-5, C_2, C_3, C_{12} и C_{13} — К50-6, остальные — К10-7В. Конденсаторы C_4, C_5 и C_8 должны иметь отклонение емкости от номинальной ±5%. Катушки L_1 и L_2, а также обмотки L_3 и L_4 трансфор-

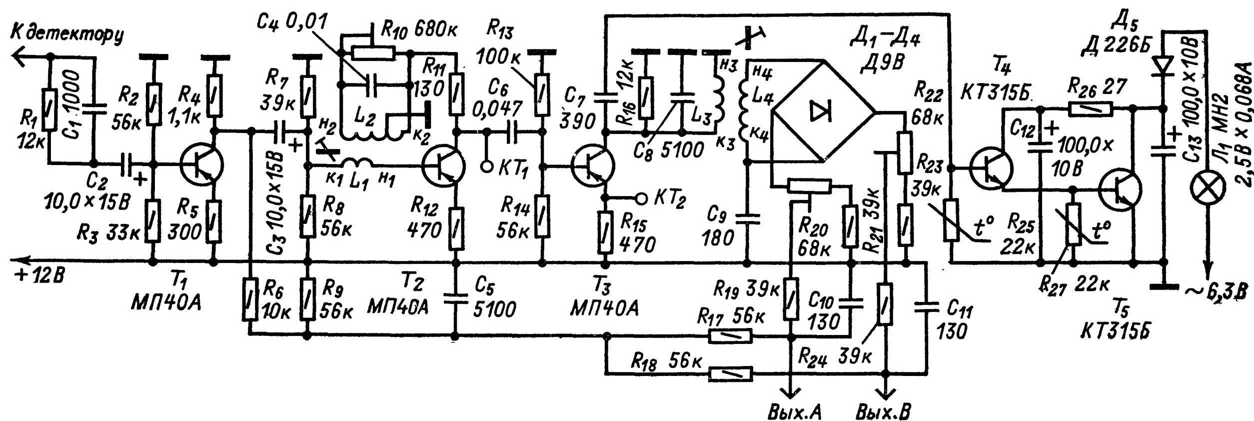


Рис. 1-35. Принципиальная схема стереодекодера.

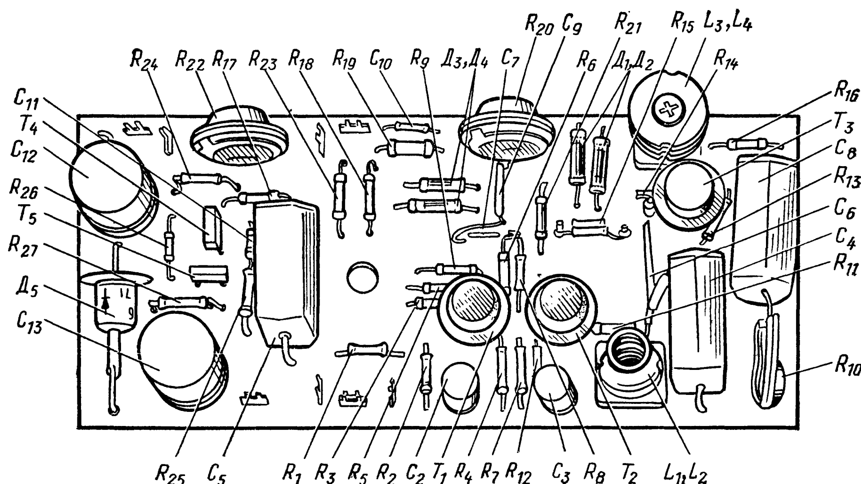


Рис. 1-36. Печатная плата стереодекодера.

Таким образом, на схему сложения R_{17}—R_{24} поступают суммарная $A+B$ и разностная $A—B$ составляющие стереосигнала. В результате их сложения и вычитания на одном выходе выделяется сигнал канала A, а на другом — канала B. Переходные затухания между каналами регулируют переменными резисторами R_{20}, R_{22}.

Система индикации сигнала поднесущей частоты состоит из транзисторов T_4, T_5, выпрямительного диода $Д_5$, фильтрующих конденсаторов C_{12}, C_{13} и индикаторной лампочки $Л_1$.

Сигнал поднесущей частоты через конденсатор C_7 подается на базу T_4, усиливается и поступает на базу транзистора T_5. В результате транзистор T_5 открывается, через лампочку $Л_1$ начинает протекать ток, и она загорается. В момент прихода сигнала транзисторы T_4, T_5 питаются напряжением 6,3 В, выпрямленным диодом $Д_5$.

Все детали стереодекодера смонтированы на плате из фольгированного гетинакса размерами 117×54 мм (рис. 1-36.) В декодере используются посто-

матора выполнены на каркасах, эскизы которых показаны на рис. 1-37. Подстроечные сердечники из феррита марки 600НН диаметром 2,8 мм длиной 14 мм. Намоточные данные катушек приведены в табл. 1-5.

Для настройки стереодекодера необходима следующая измерительная аппаратура: звуковые генераторы на частоты 31,25 кГц и 30—1500 Гц, ламповый вольтметр В3-2А, электронный осциллограф ЭО-7, авометр ТТ-1, а также источник питания, имеющий выходы постоянного (желательно стабилизированного) напряжения 12 В на ток 20 мА и переменного напряжения 6,3 В на ток 70 мА. Настройку начинают с проверки правильности монтажа. Затем, подключив декодер к источнику питания и индикаторной лампочке, измеряют режимы транзисторов по постоянному току. Ток, потребляемый стереодекодером, должен составлять 14—15 мА.

Затем на вход стереодекодера от первого звукового генератора подают сигнал 180 мВ с частотой 31,25 кГц и ламповым вольтметром измеряют переменное напряжение на коллекторе транзистора T_1.

Таблица 1-5

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1		
1-2	250	ПЭВТЛ-1 0,1
L_2		
1-2-3	150+150	ПЭВТЛ-1 0,1
3-4	120+30	ПЭВТЛ-1 0,1
L_3		
1-2-3-4-5	100×4	ПЭВТЛ-1 0,09
5-6-7	150+150	ПЭВТЛ-1 0,09
L_4		
1-2-3-4-5	250×4	ПЭВТЛ-1 0,09
5-6-7	375+375	ПЭВТЛ-1 0,09

После этого подключают ламповый вольтметр к контрольной точке KT_1 (коллектор T_2) и, вращая сердечник катушки контура L_2, добиваются максимума показаний прибора при полностью введенном переменном резисторе R_{10}. Далее при помощи этого ре-

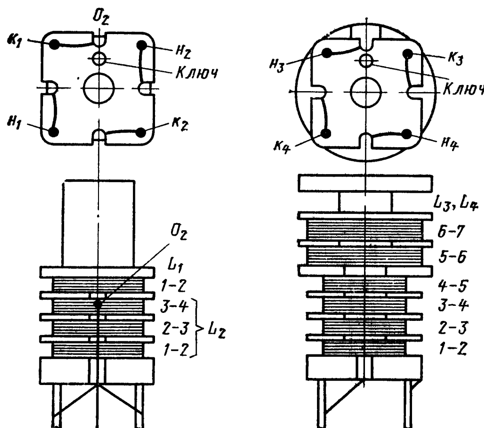


Рис. 1-37. Эскизы каркасов катушек.

зистора устанавливают уровень восстановления поднесущей частоты 14±1 дБ. Для этого при замкнутом накоротко конденсаторе C_4 контура восстановления поднесущей частоты измеряют в контрольной точке KT_1 остающееся напряжение поднесущей частоты. Затем размыкают конденсатор C_4 и, вращая переменный резистор R_{10}, добиваются, чтобы напряжение в этой точке стало в 5 раз больше. Эти операции повторяют до тех пор, пока уровень восстановления не станет равным 14±1 дБ. Затем подключают ламповый вольтметр к коллектору транзистора T_3 и, вращая сердечник трансформатора (обмотки L_3, L_4), настраивают его первичную обмотку на максимум сигнала. При этом должна загореться лампочка $Л_1$.

После этого звуковой генератор отключают и на вход стереодекодера через схему сложения (рис. 1-38) подают сигнал поднесущей частоты 31,25 кГц от первого звукового генератора ЗГ-1 и сигнал частотой 1000 Гц от второго звукового генератора ЗГ-2 (уровни напряжений указаны на рис. 1-38), тогда общее напряжение входного сигнала должно быть 0,8 В.

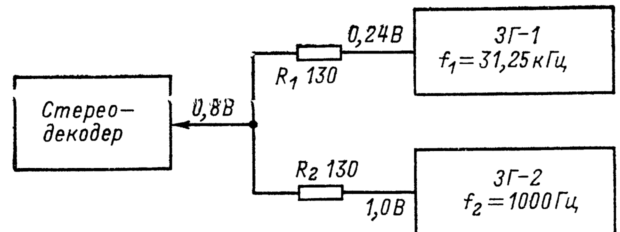


Рис. 1-38. Устройство сложения.

Таким образом, на вход стереодекодера оказывается поданным комплексный стереосигнал (сигнал поднесущей частоты 31,25 кГц, подавленный на 14 дБ и промодулированный суммой сигналов низкочастотных каналов $A+B$). С помощью электронного осциллографа убеждаются в отсутствии искажений сигнала в контрольных точках KT_1 и KT_2. Затем ламповым вольтметром измеряют режимы по переменному току (движки переменных резисторов R_{20} и R_{22} должны находиться в среднем положении).

На этом предварительную настройку стереодекодера заканчивают и двумя винтами укрепляют его вблизи частотного детектора. Предварительно в радиоприемнике должны быть произведены переделки (см. журнал «Радио» № 3 за 1969 г.). После этого можно приступать к окончательной настройке стереодекодера.

Перед началом стереофонической передачи для проверки передатчика радиостанция в течение 3—5 мин передает сигнал с поднесущей частотой 31,25 кГц, промодулированный суммой сигналов двух низкочастотных каналов A и B или одним из них. При приеме сигнала поднесущей частоты комплексный стереосигнал на входе стереодекодера после цепочки R_1C_1 должен быть около 0,25 В. Сигнал на выходе частотного детектора в ламповых моделях приемников достигает 0,8 В, а в транзисторных 0,25—0,3 В. Поэтому при установке стереодекодера в транзисторные модели цепочка R_1, C_1 должна быть замкнута накоротко.

Настроив приемник точно на принимаемую станцию, подключают осциллограф с вольтметром к коллектору транзистора T_3 и сердечниками катушек L_1, L_2 настраиваются на максимум напряжения поднесущей частоты 31,25 кГц (поскольку использованный ранее звуковой генератор может не обеспечить точного значения поднесущей частоты 31,25 кГц±2 Гц). Затем приборы подключают к выходу A или B и, дождавшись, когда поднесущая будет промодулирована только одним из каналов, переменным резистором R_{20} или R_{22} добиваются минимального напряжения на выходе канала, в котором отсутствует звуковой сигнал.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Простой телевизор

Развитие передающей телевизионной сети в нашей стране привело к тому, что около 40% телезрителей проживает недалеко от телецентров или ретрансляторов. В этих условиях приходится искусственно снижать чувствительность телевизионных приемников. Появляется возможность использовать более простой по схеме и конструкции телевизор, обеспечивающий необходимое качество изображения и звука. Параметры такого упрощенного телевизора должны соответствовать ГОСТ на второй класс телевизионных приемников, исключая чувствительность, которую здесь можно сделать значительно ниже.

Вниманию читателей предлагается один из вариантов телевизора, сконструированный радиолюбителем А. Кулешовым. Этот телевизор имеет чувствительность не хуже 1 мВ, четкость по горизонтали 450 строк, номинальная выходная мощность канала звукового сопровождения около 0,4 Вт. Мощность, потребляемая от сети переменного тока, не превышает 110 Вт. Телевизор содержит 8 радиоламп и 16 полупроводниковых диодов. Выходные каскады строчной и кадровой разверток выполнены с некоторым запасом по мощности, что позволяет кинескоп 47ЛК2Б заменить на 59ЛК2Б и даже 61ЛК1Б. Телевизор выполнен по одноканальной супергетеродинной схеме с использованием стандартных и нормализованных деталей и узлов (селектора телевизионных каналов, трансформаторов строчной и кадровой разверток, трансформатора питания, отклоняющей системы и др.).

Принципиальная схема телевизора изображена на рис. 2-1. Антенный фидер подключают ко входу селектора телевизионных каналов ПТК-5С через гнездовую часть разъема $Ш_1$ или $Ш_2$. Резисторы R_1 и R_2 необходимы в том случае, если уровень сигнала в месте приема слишком велик. Переменный резистор R_4 служит для регулировки контрастности посредством изменения напряжения смещения на управляющей сетке лампы каскодного УВЧ селектора каналов.

Сигналы изображения и звукового сопровождения, преобразованные в селекторе каналов в стандартные промежуточные частоты (несущая частота изображения 38 МГц, звукового сопровождения 31,5 МГц), поступают с выхода селектора через разъем $Ш_3$ на вход двухкаскадного УПЧ изображения (УПЧИ). В первом каскаде этого усилителя работает триод $Л_{1а}$ комбинированной лампы 6Ф4П; нагрузкой каскада является Т-фильтр $L_1C_7C_8L_2C_6C_9$. Так как входное сопротивление последнего невелико, каскад устойчиво работает без нейтрализации проходной емкости триода. В анодную цепь второго каскада УПЧИ, выполненного на пентоде $Л_{1б}$, включен резонансный контур, состоящий из катушки индуктивности L_3 и выходной емкости этого пентода. С его помощью формируется плоская часть частотной характеристики УПЧИ, т. е. заполняется «провал» на частотах 34—36 МГц в частотной характеристике Т-фильтра.

Катушка L_3 индуктивно связана с L_4, откуда сигналы ПЧ поступают на диод $Д_2$ видеодетектора, выполняющий одновременно функцию смесителя промежуточных частот изображения и звукового сопровождения, выделяющего разностную частоту 6,5 МГц. С нагрузки видеодетектора (резистор R_{13}) видеосигнал поступает на однокаскадный видеоусилитель, в котором работает пентод $Л_{2а}$ комбинированной лампы 6Ф4П. Дроссели $Др_1$ — $Др_3$, включенные в цепи управляющей сетки и анода пентода $Л_{2а}$, служат для коррекции частотной характеристики видеоусилителя в области высоких частот его полосы пропускания.

С выхода видеоусилителя сигнал изображения поступает на катод кинескопа, а разностная частота 6,5 МГц через конденсаторы C_{14}, C_{15} и диоды $Д_3$ и $Д_4$ подается на УПЧ звука, в котором используется пентод $Л_{3а}$ другой лампы 6Ф4П. Диоды $Д_3$ и $Д_4$ работают в ограничителе сигнала ПЧ звукового сопровождения; на них подается прямое смещение через резисторы R_{17}, R_{18}, R_{21} и R_{72}.

Детектирование ЧМ сигнала звукового сопровождения осуществляется дискриминатором на диодах $Д_5$ и $Д_6$. Напряжение НЧ с выхода дискриминатора поступает на переменный резистор регулятора громкости R_{29} и с него через резистор R_{22} на управляющую сетку пентода $Л_{3а}$. Таким образом, этот пентод работает в двух каскадах, выполненных по рефлексной схеме: УПЧЗ и УНЧ. Нагрузкой УНЧ является трансформатор $Тр_1$, ко вторичной обмотке которого присоединена динамическая головка $Гр_1$.

Схема разверток и синхронизации. В селекторе импульсов синхронизации работает триод $Л_{2б}$. На его сетку через резистор R_{37} и конденсатор C_{29} поступает сигнал от видеоусилителя, а на анодной нагрузке R_{38} выделяется смесь синхроимпульсов. Кадровые синхроимпульсы отделяются путем интегрирования в цепи R_{40} C_{31} и поступают через конденсатор C_{32} на катод триода $Л_{4а}$, работающего в задающем блокинг-генераторе частоты кадров. Выбранный способ синхронизации этого генератора отличается повышенной помехоустойчивостью и практически исключает обратную реакцию на цепи синхронизации, которая может быть причиной неустойчивости строк в верхней части кадра.

Выходной каскад генератора кадровой развертки выполнен на пентодной части лампы $Л_{4б}$, нагруженной трансформатором $Тр_4$. Цепь $Д_{16}C_{38}R_{50}$, шунтирующая первичную обмотку этого трансформатора, эффективно гасит импульсы обратного напряжения и не влияет на форму напряжения кадровой развертки, так как во время прямого хода луча кинескопа диод $Д_{16}$ закрыт и упомянутая цепь автоматически отключается.

Генератор строчной развертки выполнен по схеме несимметричного мультивибратора. В одном его плече работает триод $Л_{3б}$, а в другом пентод $Л_5$. Синхросигнал поступает в цепь катода триода $Л_{3б}$ через конденсатор C_{40}. Нагрузкой анодной цепи лампы $Л_5$ является выходной трансформатор строчной развертки $Тр_5$. Связь между плечами мультивибратора осуществляется с помощью этого трансформатора и конденсаторов C_{41}, C_{42}. Отклоняющая система кинескопа включается в гнездовую часть разъема $Ш_4$ (катушки отклоняющей системы на схеме не показаны). Узел гашения обратного хода луча по строкам и кадрам выполнен на диодах $Д_{14}$, $Д_{15}$ и резисторах R_{63}, R_{64}.

Напряжение вольтодобавки поступает с вывода *5* трансформатора $Тр_5$ на зарядную цепь $R_{49}R_{41}C_{36}$ блокинг-генератора кадров, на фокусирующий электрод кинескопа, а через делитель напряжения $R_{60}R_{62}$ и на его ускоряющий электрод. Яркость свечения экрана регулируется переменным резистором R_{66}.

Выпрямитель блока питания телевизора выполнен по схеме с удвоением напряжения на кремниевых диодах $Д_7$—$Д_{10}$.

Конструкция телевизора. Все детали телевизора, за исключением кинескопа с отклоняющей системой и динамической головки, размещены на шасси, изготовленном из листового дюралюминия толщиной 2 мм

Рис. 2-1. Принципиальная схема телевизора.

(рис. 2-2). Отогнутые бортики шасси, обеспечивающие его жесткость, имеют высоту 20 мм.

Шасси закреплено в футляре телевизора с помощью кронштейнов и уголков так, что его можно откидывать в горизонтальное положение. При необходимости шасси легко снять, при этом в футляре остаются лишь кинескоп с отклоняющей системой, и динамическая головка.

Некоторые малогабаритные детали припаяны своими выводами непосредственно к лепесткам ламповых панелей, однако большинство таких деталей смонтировано на трех платах (рис. 2-3—2-5), изготовленных из текстолита или гетинакса. Обозначения около линий со стрелками указывают порядок соединения деталей, смонтированных на платах, с контактными лепестками ламповых панелей и другими деталями телевизора. Так например, надпись «$Л_5/4$» указывает, что данный проводник идет к панели лампы $Л_5$ и должен быть припаян к ее выводному лепестку *4*; надписи «$Тр_5/1$» и «$Тр_5/5$» указывают, что проводники идут к выходному трансформатору строчной развертки $Тр_5$ и должны быть соединены с его выводами *1* и *5* соответственно.

Конденсаторы сглаживающего фильтра выпрямителя питания C_{52}—C_{54}, а также конденсатор C_3 укреплены на металлической полке, причем корпус конденсатора C_{52} надежно изолирован от полки и шасси. Селеновый выпрямительный высоковольтный столб 5ГЕ-600-АФМ1 ($Д_{13}$) установлен на шасси на двух стойках, изготовленных из органического стекла. Колодка для включения сетевого шнура, октальная панель переключателя напряжения сети и антенные гнезда установлены на отдельной текстолитовой панели, которая укреплена на шасси на стойках высотой 87 мм.

Футляр телевизора изготовлен из 10-миллиметровой фанеры и оклеен шпоном ценных пород дерева. При использовании в телевизоре кинескопа 47ЛК2Б футляр должен иметь внутренние размеры 467×390×185 мм. Динамическая головка громкоговорителя расположена на дне футляра. Съемный задний кожух изготовлен из картона.

Основные органы управления телевизором выведены наверх через прорезь в заднем кожухе футляра; переменные резисторы R_4, R_{29} и R_{66} установлены на кронштейне, который укреплен на шасси справа в верхней его части. Переменные резисторы для вспомогательных регулировок (R_{41}, R_{46} и др.) смонтированы непосредственно на основном шасси.

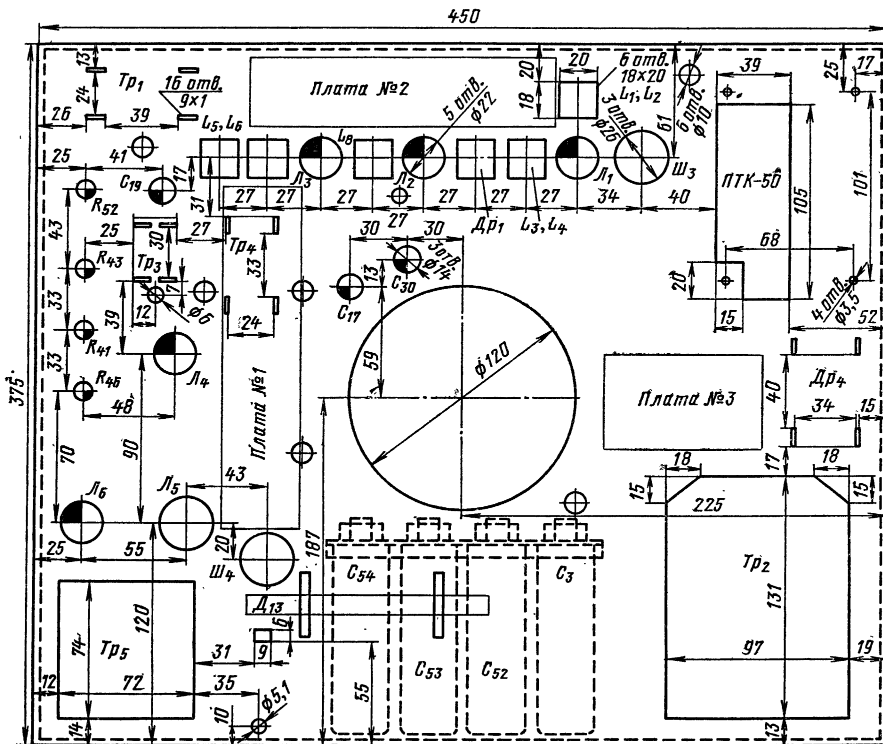


Рис. 2-2. Чертеж шасси телевизора.

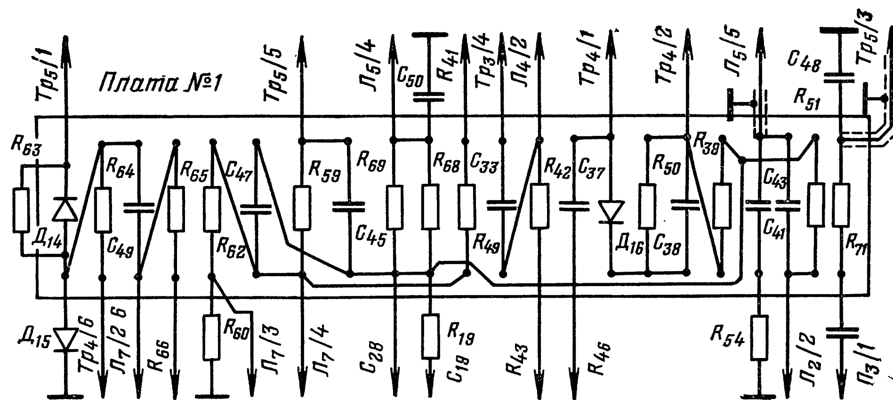


Рис. 2-3. Плата разверток.

Детали телевизора. Катушки резонансных контуров телевизора намотаны на каркасах контуров от телевизора «Рубин-102» и подстраиваются сердечниками СЦР-1. Можно применить другие каркасы диаметром 7,5—8,2 мм, например от телевизоров УНТ-35, УНТ-47/59 и т. п. Катушки L_1 и L_2 расположены на общем каркасе, расстояние между ними 18—20 мм. Катушка L_1 имеет 9, катушка L_2 8 витков, намотка рядовая виток к витку проводом ПЭЛШО 0,25. Здесь можно использовать готовые контуры, например К-3 от телевизора «Старт-4». Катушки L_3 и L_4 намотаны проводом ПЭЛШО 0,18 одновременно в два провода и имеют по 16 витков каждая (можно применить контур К-4-1 от

телевизора «Рубин-102»). Катушка L_8 намотана проводом ПЭВ-1 0,15 в один слой и содержит 52 витка (можно применить контур К-11 от телевизора «Рубин-102», либо ФПЧЗ-I от телевизора УНТ-35 или УНТ-47-III).

В качестве трансформатора дискриминатора L_5L_6 применен контур К-8-1 от телевизора «Рубин-102». Для повышения стабильности нулевой точки дискриминатора карбонильный подстроечный сердечник катушки L_6 заменен на латунный, а емкость конденсатора C_{23} увеличена до 82 пФ. Катушка L_5 имеет 50 витков ПЭЛШО

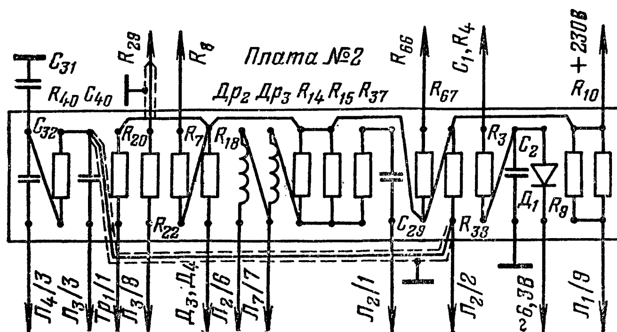


Рис. 2-4. Плата УПЧИ.

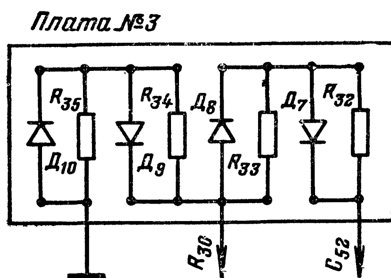


Рис. 2-5. Плата выпрямителя.

0,12. Половины катушки L_6 намотаны одновременно в два провода; она содержит 19×2 витков ПЭЛШО 0,12. Катушка связи, имеющаяся в контуре К-8-1 и содержащая 10,5 витка, не используется (здесь можно также применить фильтр ФПЧЗ-II от телевизора УНТ-35, УНТ-47-III).

Дроссель $Др_1$ намотан на таком же каркасе, что и контурные катушки, и расположен в экране вместе с элементами видеодетектора; он содержит 60 витков провода ПЭВ-2 0,13. Намотка выполнена внавал между двумя щечками, ширина ее 5 мм. Дроссели $Др_2$ и $Др_3$ намотаны внавал на резисторах ВС-0,25 сопротивлением 47—330 кОм по всей их длине; $Др_2$ имеет 120, а $Др_3$ — 220 витков провода ПЭВ-2 0,13.

Трансформатор питания $Тр_2$ применен от телевизора «Рекорд-12». Можно использовать трансформатор (но не автотрансформатор!) от телевизора «Неман» или УНТ-35. В последнем случае нужно изменить схему выпрямителя.

Трансформатор блокинг-генератора кадров $Тр_3$ БТК-70, выходной трансформатор кадров $Тр_4$ ТВК-110Л2, выходной трансформатор тракта звукового сопровождения $Тр_1$ от телевизора УНТ-35. Выходной трансформатор строчной развертки $Тр_5$ ТВС-110Л2, отклоняющая система ОС-110А, регулятор линейности строк РЛС-110Л1.

Для ламп $Л_1$—$Л_4$ применены панели ПЛК9-Д (с пружинными держателями), а для лампы $Л_5$ — керамическая октальная панель ПЛ2е. Такие же панели использованы в качестве гнездовых частей штепсельных разъемов $Ш_3$ и $Ш_4$.

Налаживание. К налаживанию телевизора приступают после того, как его монтаж полностью закончен и проверен по принципиальной схеме. При условии, что номинальные сопротивления всех примененных в конструкции резисторов соответствуют обозначенным на схеме, режимы ламп установятся автоматически (указанные на принципиальной схеме величины напряжений измерены при отсутствии сигнала прибором с входным сопротивлением 10 кОм/В).

В начале налаживания постоянные резисторы R_{42} и R_{53} рекомендуется заменить переменными. Нужно найти такие положения их контактных щеток, чтобы изображение было устойчиво при средних положениях ручек переменных резисторов R_{43} и R_{52}. Затем измеряют сопротивления временно установленных переменных резисторов омметром и заменяют их постоянными с ближайшими стандартными номиналами.

Если экран кинескопа не светится, то следует еще раз проверить исправность элементов и соединений в строчной развертке. Узкая горизонтальная линия на экране указывает на отсутствие развертки по кадрам. В этом случае телевизор необходимо немедленно выключить во избежание прожога люминофора кинескопа и устранить ошибку в монтаже. После того как на экране получен нормальный растр, переходят к настройке приемной части телевизора.

Настройка УПЧИ. «Вход» прибора Х1-7 соединяют низкочастотным кабелем (без детекторной головки) через резистор сопротивлением 33—47 кОм с управляющей сеткой лампы $Л_{2а}$. Конденсатор C_{10} временно выпаивают.

Высокочастотный сигнал с гнезда «Выход» через конденсатор емкостью 1000 пФ (делитель, в положении «1 : 1») подают на управляющую сетку лампы $Л_{1б}$. Вращая ручки «Выходное напряжение», «Средняя частота» и «Масштаб» прибора Х1-7, получают на его экране частотную характеристику каскада УПЧИ. При этом надо стремиться подавать с прибора возможно меньшее выходное напряжение, а ручку «Усиление по вертикали» устанавливать в положение максимального усиления.

Вращая сердечник катушек L_3 и L_4 телевизора, добиваются наибольшего усиления на частоте 34 МГц. Для получения необходимой частоты настройки контура, возможно, потребуется параллельно катушке L_3 подключить конденсатор емкостью 3—8 пФ. После этого припаивают параллельно катушке L_3 резистор сопротивлением 220—330 Ом, конденсатор C_{10} устанавливают на свое место, входной кабель прибора Х1-7 через конденсатор емкостью 1000 пФ подключают к сетке лампы $Л_{1а}$ и настраивают Т-контур первого каскада УПЧИ следующим образом. Катушку L_2 замыкают накоротко. При этом на экране прибора будет видна частотная характеристика контура $L_1C_7C_8$.

Вращением сердечника катушки L_1 добиваются максимального усиления на частоте 36 МГц, затем снимают перемычку с катушки L_2 и, наблюдая частотную характеристику обоих контуров, вращают сердечник катушки L_2 до получения минимального усиления на частоте 31,5 МГц. Для более четкого фиксирования правильности настройки контура $L_2C_6C_9$ необходимо значительно повысить выходное напряжение прибора с одновременным увеличением масштаба развертки и определить частоту, на которой наблюдается минимальное усиление.

После этого удаляют резистор, подключенный к катушке L_3. Регулируя выходное напряжение прибора Х1-7 и изменяя в некоторых пределах частоты настройки контуров стараются получить частотную характеристику вида, аналогичного показанному на рис. 2-6. Снижение усиления в средней части полосы пропускания не должно быть более 10—15%, а ширина полосы на уровне 0,5 — не менее 4,5 МГц.

Настройка видеоусилителя. Выходной кабель генератора качающейся частоты прибора Х1-7 через кон-

денсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ подключают к резистору R_{13}, диод $Д_2$ временно отключают от этого резистора, а дроссели $Др_1$ и $Др_3$ замыкают накоротко перемычками.

Переключатель диапазонов прибора Х1-7 устанавливают в положение «0,1—15 МГц», а вход его осциллографического индикатора посредством детекторной головки соединяют с выводом катода кинескопа. Оперируя ручками «Входное напряжение», «Масштаб» и «Средняя частота» прибора Х1-7, получают на его экране наиболее удобную для наблюдения резонансную кривую дросселя $Др_2$. Максимум этой кривой должен находиться на частоте 5 МГц. Если максимум будет на более высокой частоте, индуктивность дросселя $Др_2$ следует увеличить, если же максимум сдвинут в область более низких частот — уменьшить. Так как сматывать витки удобнее, чем доматывать, то при изготовлении корректирующих дросселей для видеоусилителя рекомендуется увеличить на 15—20% их числа витков по сравнению с указанными в описании*.

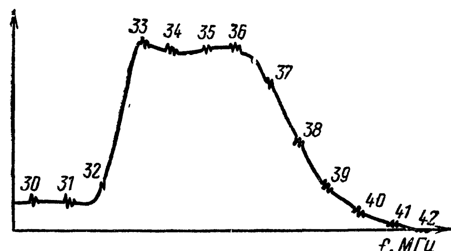


Рис. 2-6. Частотная характеристика УПЧИ.

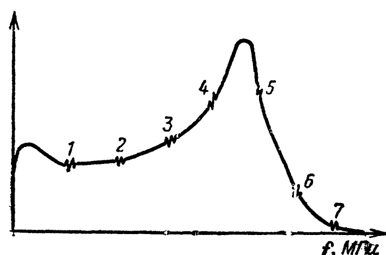


Рис. 2-7. Частотная характеристика видеоусилителя.

После настройки дросселя $Др_2$ его замыкают накоротко, снимают перемычку с дросселя $Др_3$ и аналогичным способом настраивают последний на частоту 2,8—3 МГц. Затем включают все дроссели. При этом форма частотной характеристики видеоусилителя не должна существенно отличаться от приведенной на рис. 2-7. Вращением сердечника дросселя $Др_1$ можно изменять подъем усиления в области высоких частот.

Настройка частотного детектора. Установив переключатель диапазонов прибора Х1-7 в положение «0,1—15 МГц», подключают делитель его выходного кабеля в положении «1 : 1» к управляющей сетке лампы $Л_{3а}$ через конденсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ. Конденсатор C_{18} временно удаляют и вход осциллографа прибора Х1-7 посредством низкочастотного кабеля подключают к конденсатору C_{25}.

Изменяя индуктивность катушек L_5 и L_6 фазосдвигающего трансформатора и оперируя ручками «Масштаб», «Выходное напряжение» и «Средняя частота» прибора Х1-7, добиваются формы частотной характеристики детектора, показанной на рис. 2-8. Вращая сердечник катушки L_6, добиваются того, чтобы середина прямолинейного участка характеристики пересекалась с нулевой линией на частоте 6,5 МГц, а перемещением сердечника катушки L_5 — симметричности и наибольшей протяженности линейного участка характеристики.

После этого конденсатор C_{18} устанавливают на место, выходной кабель генератора качающейся частоты прибора Х1-7 подключают к управляющей сетке лампы $Л_{2а}$ и, вращая сердечник катушки L_8, добиваются еще большего размаха частотной характеристики по вертикали. Окончательную подстройку канала звукового сопровождения производят во время приема сигналов телецентра, передвигая в небольших пределах сердечники катушек L_5, L_6 и L_8 до получения наиболее громкого и неискаженного звука.

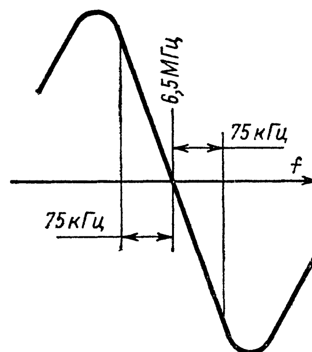


Рис. 2-8. Частотная характеристика детектора звука.

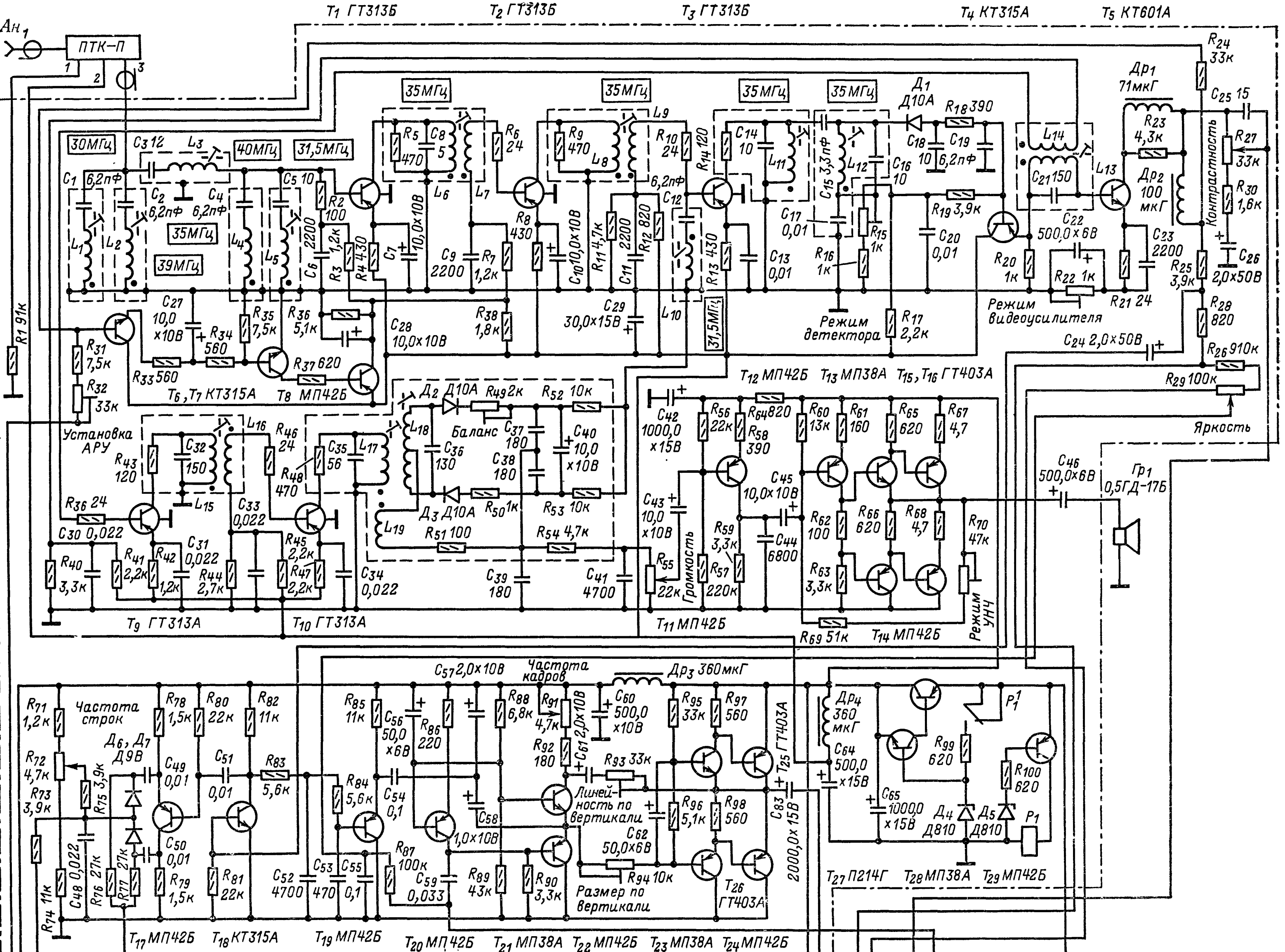
Настройка телевизора без приборов. При достаточной мощности телевизионного сигнала в месте приема телевизор можно удовлетворительно настроить без приборов, по передаваемой телецентром испытательной таблице. Ручку переключателя селектора каналов ПТК-5С устанавливают на тот канал, где ведет работу телецентр, а ручку настройки гетеродина — в среднее положение. К гнезду $Ш_2$ телевизора подключают наружную антенну, регуляторы контрастности и громкости устанавливают в положение максимального усиления, а ручку регулятора яркости в положение, обеспечивающее среднюю яркость свечения экрана.

Сердечники катушек L_1, L_3 и L_4 устанавливают в среднее положение, а катушки L_2 в положение, соответствующее максимальной индуктивности. Медленно вращая в ту или иную сторону сердечник катушки L_1, стремятся получить на экране изображение телевизионной испытательной таблицы. Звуковое сопровождение при этом может быть тихим и искаженным, а на экране в такт со звуком могут появляться темные горизонтальные полосы. Вывинчивая сердечник катушки L_2, добиваются полного исчезновения этих полос. Дальнейшую настройку УПЧИ производят поочередным вращением сердечников катушек L_1 и L_3 до получения наиболее четкого и контрастного изображения.

Правильная настройка контура с катушкой L_1 соответствует такому положению ее сердечника, когда при ввинчивании его на 2—3 оборота уменьшается четкость по вертикальному клину, одновременно ухудшается воспроизведение оттенков, а при вывинчивании сердечника появляются серые полосы вправо от темных предметов, уменьшается контрастность изображения, а переходы между темными и светлыми участками изображения становятся более резкими. При правильной настройке контура с катушкой L_3 улучшаются четкость изображения и передача полутонов.

При ввинчивании сердечника катушки L_2 увеличивается четкость по вертикальному клину, так как шири-

* Если телевизор предполагается настраивать без приборов по испытательной таблице, то эти дроссели следует выполнить точно по описанию.



ПТК-П
Ан1
R1 91к
T1 ГТ313Б
T2 ГТ313Б
T3 ГТ313Б
T4 КТ315А
T5 КТ601А
T6, T7 КТ315А
T8 МП42Б
T9 ГТ313А
T10 ГТ313А
T11 МП42Б
T12 МП42Б
T13 МП38А
T14 МП42Б
T15, T16 ГТ403А
T17 МП42Б
T18 КТ315А
T19 МП42Б
T20 МП42Б
T21 МП38А
T22 МП42Б
T23 МП38А
T24 МП42Б
T25 ГТ403А
T26 ГТ403А
T27 П214Г
T28 МП38А
T29 МП42Б
30МГц
31,5МГц
35МГц
39МГц
40МГц
Установка АРУ
Режим детектора
Режим видеоусилителя
Контрастность
Яркость
Гр1 0,5ГД-17Б
Режим УНЧ
Громкость
Баланс
Частота кадров
Линейность по вертикали
Размер по вертикали
Частота строк
Др1 71мкГ
Др2 100 мкГ
Др3 360мкГ
Др4 360 мкГ
Д1 Д10А
Д2 Д10А
Д3 Д10А
Д4 Д810
Д5 Д810
Д6, Д7 Д9В
Р1

на полосы пропускания УПЧИ возрастает. Сердечник вращают до момента появления горизонтальных полос на изображении в такт со звуком. В результате такой настройки можно получить четкость по вертикальному клину не хуже 350 строк.

Канал звукового сопровождения настраивают, вращая поочередно сердечники катушек L_6, L_5 и L_8. Правильной настройке контура с катушкой L_6 соответствует такое положение ее сердечника, когда перемещение его в ту или иную сторону в пределах одного оборота вызывает появление сильного фона с частотой 50 Гц. При точной настройке этого контура на разностную частоту фон от паразитной амплитудной модуляции практически не прослушивается. Вращая сердечник катушки L_5, добиваются увеличения громкости и чистоты звука, а вращая сердечник катушки L_8 — еще большей громкости звукового сопровождения.

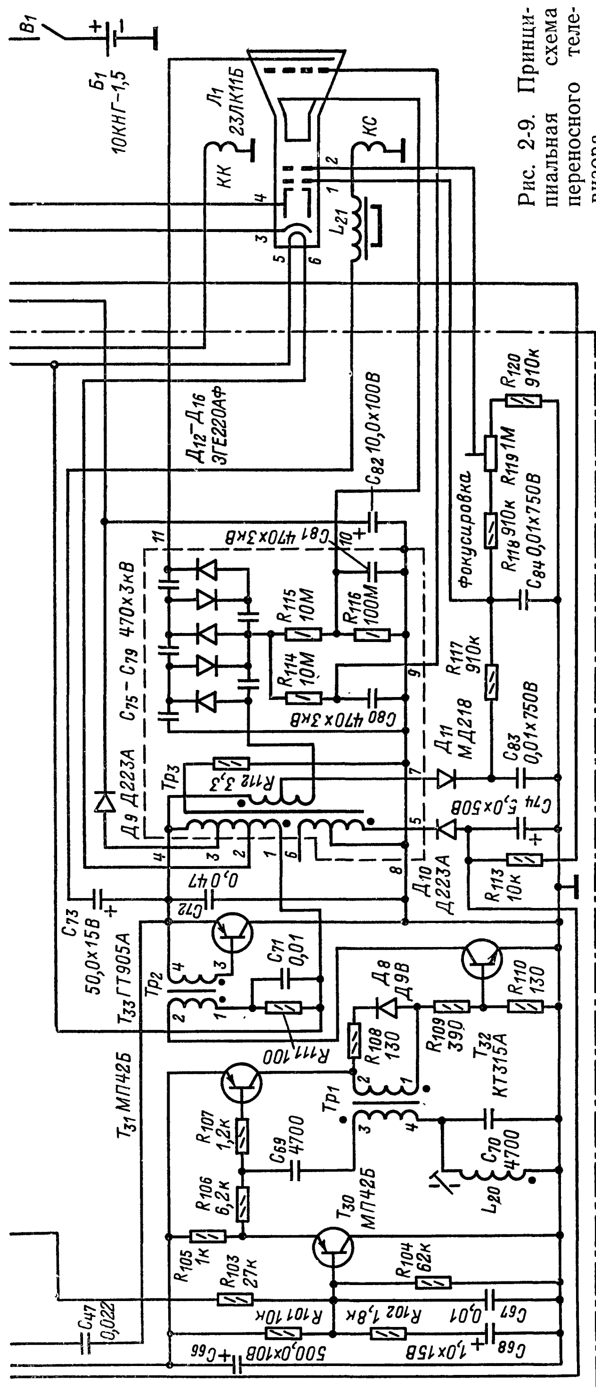


Рис. 2-9. Принципиальная схема переносного телевизора.

Переносный телевизор

Основной особенностью этого телевизора является использование в нем нового кинескопа 23ЛК11Б с послеускорением луча и суженной горловиной, что позволило значительно уменьшить потребляемую мощность. По сравнению с промышленным телевизором «Юность» первых выпусков описываемый экономичнее в 2 раза.

Телевизор позволяет принимать программы, передаваемые во всех стандартных 12 каналах. На I—V каналах его чувствительность составляет 75 мкВ, а на VI—XII каналах — 150 мкВ. Избирательность по соседнему каналу не менее 25 дБ. Размер изображения на экране равен 145×185 мм. Четкость по горизонтали в центре экрана не менее 350 линий. Выходная мощность канала звукового сопровождения 0,25 Вт, потребляемая мощность всего 4 Вт.

Питается телевизор от сети переменного тока через выпрямитель от промышленного телевизора «Электроника ВЛ-100» или от аккумуляторной батареи 10 КНГ-1,5, размещаемой внутри корпуса. Полностью заряженной батареи достаточно для работы телевизора в течение 4 ч. Размеры телевизора 190×240×380 мм, масса с аккумуляторами 5,5 кг.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 2-9) описываемого телевизора, он имеет много общего с телевизором «Электроника ВЛ-100». Отличие состоит в том, что в УПЧИ применена схема задержанной АРУ, которая охватывает первые два каскада T_1 и T_2 УПЧИ и обеспечивает диапазон регулировки около 40 дБ. Порог задержки устанавливают резистором R_{32}. Усилитель АРУ собран на транзисторах T_6—T_8. Избирательность телевизора обеспечивается фильтром сосредоточенной селекции (L_1—L_5C_1—C_5), включенным на входе УПЧИ и полосовым фильтром ($L_{11}L_{12}C_{14}$—C_{16}) на выходе УПЧИ.

В целях ослабления шунтирующего действия видеоусилителя на полосовой фильтр после видеодетектора, выполненного на диоде $Д_1$, установлен эмиттерный повторитель на транзисторе T_4. Дополнительная режекция по промежуточной частоте звукового сопровождения осуществляется в цепи базы последнего каскада УПЧИ (T_3) фильтром $L_{10}C_{12}$. Нагрузка первых двух каскадов УПЧИ — контуры $L_6L_7C_8$ и L_8L_9 — шунтированы соответственно резисторами R_5, R_9 и входными сопротивлениями последующих каскадов. Полоса пропускания УПЧИ около 5 МГц.

Видеоусилитель выполнен на одном транзисторе T_5, включенном по схеме с ОЭ. Для получения необходимой частотной характеристики в усилителе применена сложная высокочастотная коррекция (дроссели $Др_1$, $Др_2$, резистор R_{23}). Видеоусилитель обеспечивает передачу постоянной составляющей видеосигнала, которая подается на катод кинескопа. Общий коэффициент усиления видеоусилителя 38 дБ, полоса пропускания 5 МГц.

УПЧЗ собран на двух транзисторах T_9 и T_{10}. Нагрузкой этих каскадов служат контуры $L_{15}C_{32}$ и $L_{17}C_{35}$ соответственно. Частотный детектор собран на диодах $Д_2$, $Д_3$, УНЧ — по бестрансформаторной схеме на транзисторах T_{11}—T_{16}.

Систему синхронизации образуют амплитудный селектор на транзисторе T_{18}, фазоинвертор T_{17}, симметричная система АПЧ и Ф и буферный усилитель кадровых синхроимпульсов на транзисторе T_{19}. Для более устойчивой работы фазового дискриминатора АПЧ и Ф он отделен от задающего генератора эмиттерным повто-

рителем на транзисторе T_{30}. Задающий генератор строчной развертки собран на транзисторе T_{31} по обычной схеме блокинг-генератора. Колебания строчной частоты поступают с задающего генератора на согласующий каскад, выполненный на транзисторе T_{32}, и затем на выходной каскад строчной развертки, собранный на транзисторе T_{33}. Контур ударного возбуждения $L_{20}C_{70}$ в базовой цепи задающего генератора повышает стабильность длительности импульсов строчной развертки.

Согласующий каскад, нагруженный на трансформатор $Тр_2$, работает в ключевом режиме. Вторичная обмотка $Тр_2$ подключена к участку база — эмиттер выход-

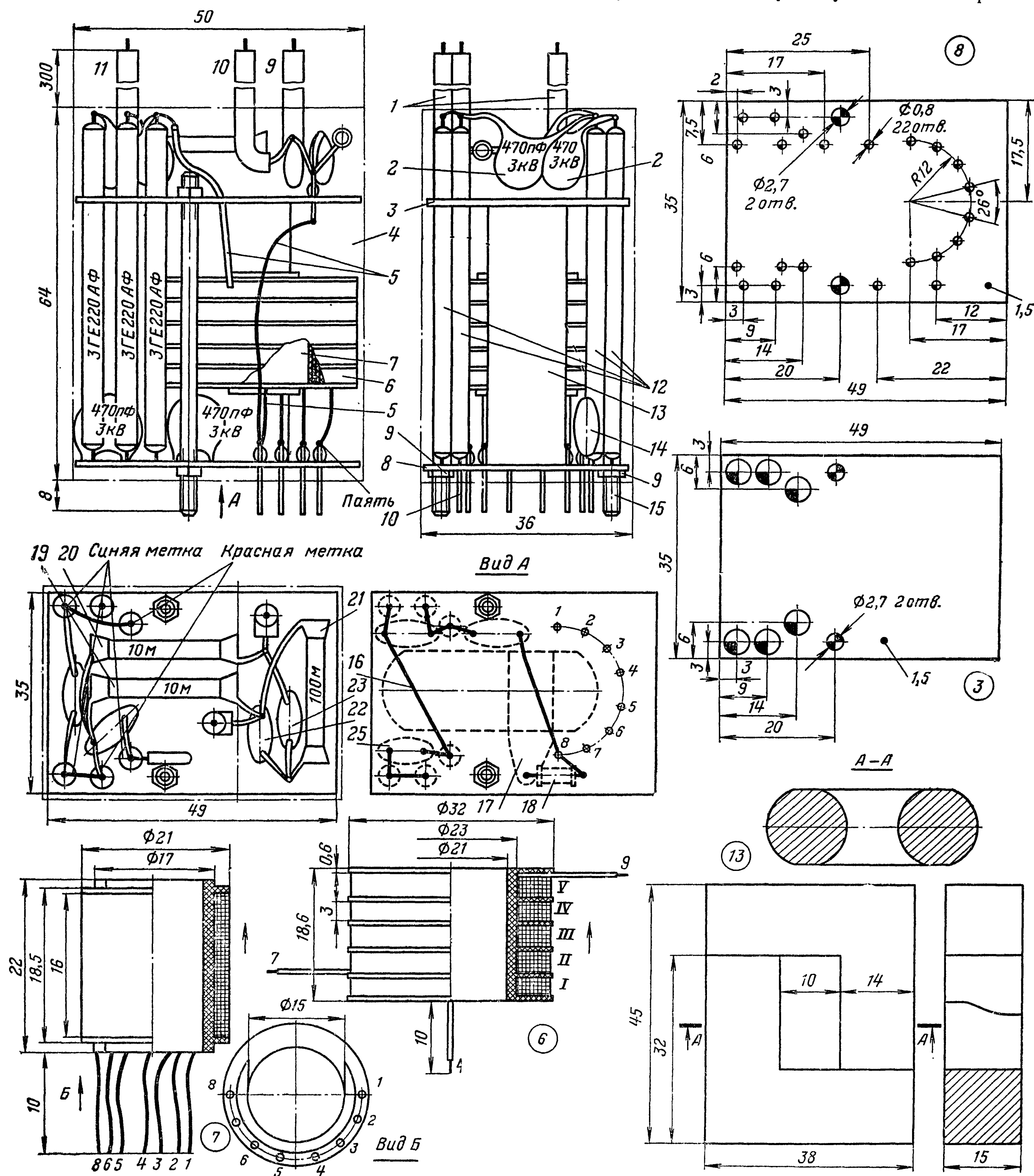


Рис. 2-10. Чертеж высоковольтного модуля.

1 — высоковольтные провода РМП (цифры *9*, *10*, *11* совпадают с нумерацией выводов модуля на принципиальной схеме); *2*, *14*, *22—25* — конденсаторы C_{75}—C_{81}; *3* — верхняя плата; *4* — эпоксидная смола; *5* — выводы катушек и перемычки; *6* — высоковольтная катушка; *7* — низковольтная катушка; *8* — нижняя плата; *9* — гайка М2,5; *10* — провод медный посеребренный; *12* — диоды $Д_{12}$—$Д_{16}$; *13* — сердечник из феррита; *15* — шпилька ⌀ 2,5 мм; *16* — перемычка; *17* — фольга латунная; *18* — R_{112}; *19* — R_{115}; *20* — R_{114}; *21* — R_{116}.

ного каскада строчной развертки. Роль демпферного диода с успехом выполняет транзистор T_{33} этого каскада. Для устранения сдвига изображения в результате воздействия постоянной составляющей тока выходного каскада строчные отклоняющие катушки питаются через разделительный конденсатор C_{73}. Благодаря тому, что кинескоп имеет низковольтный (1,35 В) экономичный накал, оказалось возможным питать его от выходного строчного трансформатора. Напряжение накала кинескопа снимается с выводов *1-2* трансформатора $Тр_3$.

Высоковольтные напряжения для питания электродов кинескопа получают следующим образом. Напряжение импульсов обратного хода повышается автотрансформатором $Тр_3$. С его вывода *7* импульсы поступают в выпрямитель на диоде $Д_{11}$. После выпрямления образуется напряжение примерно 400 В, которое подается на ускоряющий и фокусирующий электроды кинескопа. Напряжения для питания первого анода (3 кВ), сетки (2,8 кВ) и люминесцентного экрана (9 кВ) получают на выходе выпрямителя с умножением напряжения (диоды $Д_{12}$—$Д_{16}$ и конденсаторы C_{75}—C_{79}).

Задающий генератор кадровой развертки собран на транзисторах T_{20}—T_{22} по схеме мультивибратора с эмиттерной связью, удачно сочетающей в себе формирователь линейно изменяющегося напряжения и релаксационный генератор. Следующие далее согласующий и выходной каскады представляют собой обычный УНЧ, собранный по бестрансформаторной схеме на транзисторах T_{23}—T_{26}. Кадровые отклоняющие катушки подключены к усилителю через разделительный конденсатор C_{63}.

В целях устранения влияния изменения напряжения питания на размер изображения и его яркость предусмотрена стабилизация напряжения питания как от сети, так и от батарей. Стабилизатор выполнен на транзисторах T_{27}, T_{28}. Аккумуляторная батарея питания защищена от чрезмерного разряда устройством, которое содержит транзистор T_{29}, стабилитрон $Д_5$, резистор R_{100} и реле P_1. Когда тумблер B_1 выключен, левый (по схеме) неподвижный и подвижный контакты реле P_1 разомкнуты. При включении тумблера открывается транзистор T_{29}, реле P_1 срабатывает, контакты реле замыкаются и на выходе стабилизатора устанавливается напряжение, близкое к напряжению на стабилитроне $Д_4$. Когда аккумуляторы разрядятся до напряжения, меньшего чем напряжение стабилизации стабилитрона $Д_5$ (около 10,5 В), транзистор T_{29} закрывается. В результате реле P_1 срабатывает и замыкает подвижной контакт с правым (по схеме) неподвижным, отключая источник питания от телевизора и прекращая тем самым дальнейший разряд аккумуляторной батареи.

Большая часть деталей телевизора размещена на одной печатной плате размерами 230×200 мм (транзистор T_8 и резистор R_{37} — на отдельной плате). Детали, помещенные на печатной плате, на схеме обведены штрих-пунктирной линией. Печатная плата с монтажом устанавливается в корпусе телевизора вертикально и ее можно поворачивать на шарнирах при ремонте и настройке. Плата расположена к экрану кинескопа той стороной, на которой находятся детали. Со стороны печатных проводников выведены ручки подстроечных элементов. В целях сокращения размеров платы и повышения плотности монтажа резисторы и конденсаторы установлены перпендикулярно к плате.

Для создания благоприятного температурного режима транзисторы T_{25}—T_{27} и T_{33} установлены на радиаторах. Для транзисторов T_{25}, T_{26} использованы радиаторы транзисторов выходного каскада кадровой развертки телевизора «Электроника ВЛ-100», а для T_{27} и T_{33} радиаторами служат П-образные медные пластины размером 30×40×2 мм. Селектор каналов, батарею аккумуляторов, динамическую головку, регулятор линейности строк и кинескоп с отклоняющей системой прикрепляют к футляру телевизора.

Все дроссели ($Др_1$—$Др_4$) типа ДМ-0,1; реле P_1—РС-10. Конденсаторы C_{75}—C_{81} — К15-5, а C_{83}, C_{84} — МБМ. Все катушки телевизора намотаны на каркасах из полистирола диаметром 6 мм в один слой, виток к витку (кроме L_{20}) и снабжены сердечниками из карбонильного железа диаметром 4 мм и длиной 11,5 мм (подстроечные сердечники из броневых СБ-12а). Намоточные данные приведены в табл. 2-1. Катушки L_{17}—L_{19} наматывают на одном каркасе (L_{18} в два провода). Для намотки применяют следующие провода: у катушек L_1—L_{16} ПЭЛШО 0,2; у L_{17} и L_{19} ПЭЛШО 0,1; у L_{18} ЛЭШО 7×0,07 и L_{20} ПЭВ-2 0,13.

Таблица 2-1

Обозначение по схеме	Число витков	Обозначение по схеме	Число витков	Обозначение по схеме	Число витков
L_1	25	L_8	15	L_{15}	31
L_2	20	L_9	5	L_{16}	6
L_3	15	L_{10}	25	L_{17}	35
L_4	20	L_{11}	15	L_{18}	18×2
L_5	25	L_{12}	15	L_{19}	15
L_6	15	L_{13}	15	L_{20}	650
L_7	5	L_{14}	10		

Блокинг-трансформатор $Тр_1$ и согласующий трансформатор $Тр_2$ строчной развертки применены от телевизора «Электроника ВЛ-100». Выходной трансформатор строчной развертки $Тр_3$ вместе с выпрямителем-умножителем выполнены в виде самостоятельного модуля. На рис. 2-10 изображен его чертеж. Для повышения надежности работы модуль заливают эпоксидной смолой в разборной форме из органического стекла. После отвердевания эпоксидной смолы форму удаляют. Верхнюю и нижнюю платы изготовляют из стеклотекстолита.

Катушки трансформатора $Тр_3$ имеют коаксиальную конструкцию, что уменьшает индуктивность рассеивания. Каркасы катушек изготовляют из органического стекла по чертежам, приведенным на рис. 2-10. Стрелками на чертеже указаны направления намотки катушек (по часовой стрелке). Намотка рядовая, виток к витку. Вывод каждой секции высоковольтной катушки следует изолировать от обмотки фторопластовой лентой толщиной 100 мкм. Катушку после обмотки пропитывают парафином. Низковольтная катушка трансформатора между выводами *1-4* имеет соответственно 7+65+8 витков провода ПЭВ-2 0,23; между выводами *6* и *8* — 27 витков провода ПЭВ-2 0,1. Секция *I* (рис. 2-10) высоковольтной катушки имеет 865, а секции *II*—*V* — по 840 витков провода ПЭВ-2 0,09. Магнитопровод трансформатора $Тр_3$ взят от трансформатора ТВС-110ЛА.

Для регулировки линейности строк использован несколько переделанный регулятор РЛС-110. От его обмотки оставлен лишь один слой, остальные витки удалены. Отклоняющая система ОС-90П2.

Сенсорный селектор каналов

В последнее время разработчики уделяют большое внимание созданию максимума удобств при эксплуатации телевизоров. В частности, внедряются в производство селекторы каналов, управляемые дистанционно бесприводными устройствами сенсорного типа, когда для переключения достаточно прикосновения к соответствующему контакту на пульте управления. Радиолюбители также конструируют подобные устройства. Большой

интерес представляет, например, система, созданная Ю. Стрельцовым. Сконструированный им сенсорный селектор каналов включает любую из четырех программ телевизионного вещания в диапазоне метровых волн. Номиналы деталей выбирают в зависимости от номеров каналов, передаваемых телецентрами, расположенными в том или ином районе.

Селектор каналов самодельный. Функциональная схема его изображена на рис. 2-11. Он состоит из четырех самостоятельных входных блоков *1*, *2*, *3*, *4*, коммутируемых подачей напряжения питания. Каждый

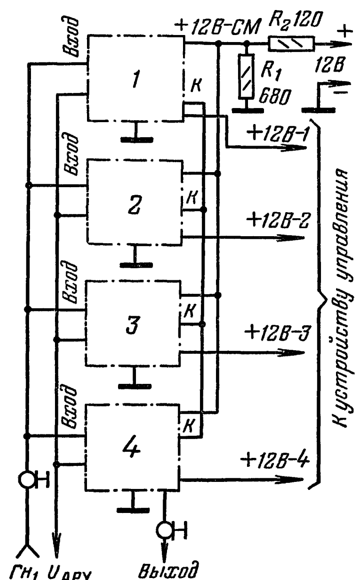


Рис. 2-11. Функциональная схема селектора каналов.

блок содержит УВЧ, гетеродин и смеситель. Входы всех ВЧ блоков соединены вместе и подключены к антенному гнезду $Гн_1$. Развязка по входу осуществляется последовательным включением резистора сопротивлением 120 Ом.

На рис. 2-12 показана принципиальная схема одного из высокочастотных блоков. Напряжение сигнала через развязывающий резистор R_{16} поступает во входной контур $L_1C_1C_2$ и далее на базу транзистора T_1 УВЧ. Смеситель собран на транзисторе T_2 и гетеродин — на транзисторе T_3. Напряжение АРУ подается на базу транзистора T_1 через резистор R_1. Во избежание выхода транзистора T_1 из строя в случае обрыва цепи АРУ на его базу через резисторы R_1 и R_2 подано напряжение от источника +12 В. При переключении программ напряжение +12 В отключается от входного блока, и напряжение АРУ может оказаться достаточным для работы гетеродина, поэтому в цепь питания последнего введен диод $Д_1$.

Напряжение АРУ, меняющееся в пределах 3—9 В, подают сразу на все входные блоки. Выходы их смесителей соединяют вместе и нагрузкой для них служит одна и та же цепь, а именно L_4R_9. Эту нагрузку устанавливают в блоке наиболее высокочастотного канала. Входные блоки в зависимости от номера принимаемого канала различаются только номиналами деталей, помеченных звездочкой в схеме на рис. 2-12. Резистор R_4 устанавливают только во входных блоках 1—5-го каналов. Конденсатор C_{14} в блоках, рассчитанных на прием 1—5-го каналов, имеет емкость 20, а на прием 6—12-го каналов, 10 пФ. Этот селектор каналов можно использовать и в телевизоре без сенсорного управления. В этом случае переключение напряжения питания и в результате программ осуществляется механическим способом.

Принципиальная схема сенсорного устройства показана на рис. 2-13. Управление им, т. е. переключение программ, сводится к включению между контактами сенсора сопротивления около 1 МОм (например, сопротивления кожи пальца). Этого достаточно для того, чтобы система сработала. Все устройство состоит из четырех сенсорных ячеек, по числу переключаемых программ. Допустим, что телевизор принимает первую программу. Тогда работает первая сенсорная ячейка и первый входной блок. Транзисторы T_1—T_3 сенсорной ячейки находятся в состоянии насыщения. Через транзистор T_3 напряжение +12 В от источника питания поступает на индикаторную лампу $Л_1$ и через диод $Д_5$ на входной блок первой программы. Ток эмиттера транзистора T_1 протекает через диод $Д_1$ и общий для всех ячеек резистор R_{21}. Падение напряжения на этом резисторе закрывает транзисторы T_4, T_7 и T_{10}, включенные в неработающие ячейки. При касании ко второму сенсорному контакту создается цепь +12 В, R_{22}, сопротивление пальца между общей шиной «*1-4*» и контактом $Кт_2$. По этой цепи положительное напряжение поступает на базу транзистора T_4. Он открывается и ток через резистор R_{21} увеличивается. Это напряжение закрывает транзистор T_1, а следовательно, и T_2 и T_3 первой ячейки. Благодаря этому выключается первый входной блок.

На резисторе R_7 второй ячейки в результате тока коллектора T_4 появляется напряжение, открывающее транзистор T_5. В свою очередь созданное эмиттерным током транзистора T_5 напряжение на резисторе R_9 через резистор R_{10} поступает на базу транзистора T_6 и полностью открывает его. На эмиттере T_6 будет почти такое же напряжение, как и на его коллекторе. Это напряжение поступает на входной блок второй программы, и он начинает работать. Одновременно эмиттерный ток транзистора T_6, протекая через индикаторную лампу $Л_2$, заставляет ее светиться, что указывает на то, что идет прием второй программы. Напряжение питания через резистор R_8 поступает на базу транзистора T_4, поддерживая его в открытом состоянии и после того, как будет снят палец с сенсорного контакта.

Дистанционное переключение программ в системе осуществляется нажатием кнопки на пульте дистанционного управления (ПДУ). При этом происходит переключение телевизора с одной программы на другую последовательно. Если идет прием первой программы, транзистор T_2 в первой сенсорной ячейке полностью открыт и на его коллекторе будет напряжение, близкое по значению к напряжению источника питания. Напряжение на конденсаторе C_3 во второй сенсорной ячейке близко к нулю. Аналогичные конденсаторы других ячеек (C_1, C_5, C_7) заряжены до напряжения источника питания. При нажатии на кнопку ПДУ напряжение +12 В через цепь C_9R_{23} окажется приложенным к резистору R_{21}. Это вызовет закрывание транзистора T_1, а следовательно T_2 и T_3, и отключение первой сенсорной ячейки. Напряжение на коллекторе транзистора T_2 станет близким к нулю. Это же напряжение будет и на левой по схеме обкладке конденсатора C_3. Конденсатор начнет заряжаться от напряжения источника питания через резисторы R_4, R_6 и R_7. Зарядный ток, протекая по резистору R_7, создает на нем падение напряжения, открывающее транзистор T_5, а за ним и T_6. Появившееся на эмиттере T_6 напряжение через резистор R_8 поступает на базу транзистора T_4, он открывается и происходит переключение селектора на вторую программу. При следующем нажатии на кнопку пульта дистанционного управления процесс переключения происходит аналогично, но включается уже третья ячейка, а вторая выключается, и так можно последовательно переключать программы, пока не будет выбрана требуемая.

Как было уже сказано, входные высокочастотные ячейки отличаются в основном данными катушек индуктивности. В табл. 2-2 приведены эти данные для всех

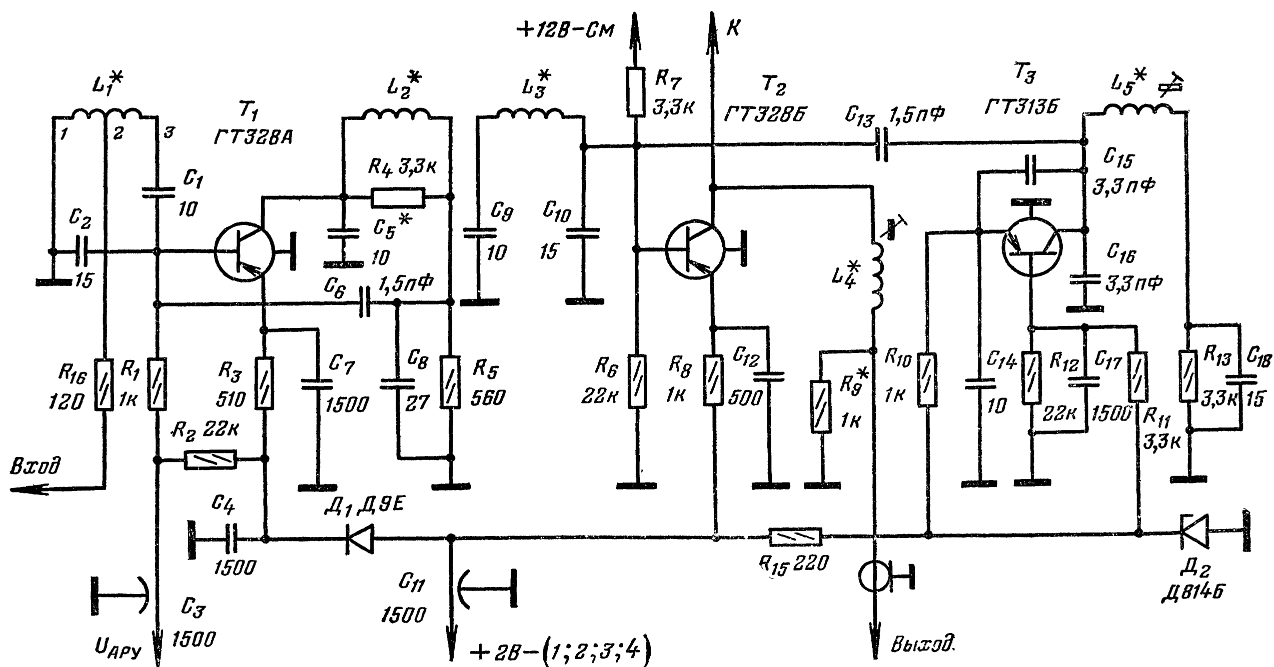


Рис. 2-12. Принципиальная схема блока ВЧ сенсорного селектора каналов.

Рис. 2-13. Принципиальная схема сенсорного устройства.

Таблица 2-2

Номер канала	L_1 (1-2-3)	L_2	L_3	L_5	Номер канала	L_1 (1-2-3)	L_2	L_3	L_5
1	5+18	21	25	21	7	2+5	6	7	7
2	5+15	19	22	9	8	2+5	6	7	7
3	5+11	11	13	14	9	2+5	5	6	6
4	4+10	10	12	12	10	2+4	4	5	5
5	4+8	9	10	11	11	2+4	4	5	5
6	3+6	7	8	8	13	2+3	3	4	5

12 каналов метрового телевизионного диапазона. Катушки 1—5-го каналов наматывают проводом ПЭВ-2 0,23, а катушки 6—12-го каналов — проводом ПЭВ-2 0,5. Катушки L_1, L_2 и L_3 для пяти низкочастотных каналов наматывают на одном каркасе диаметром 4 и длиной 35 мм из органического стекла или полистирола. Расстояние между катушкой входного контура и полосового фильтра должно быть не менее 10 мм. Для 6—12-го каналов катушки делают бескаркасными с внутренним диаметром 4 мм. Катушки гетеродина L_{13} всех каналов наматывают на каркасах из органического стекла или полистирола диаметром 4 и длиной 17 мм. Внутри каркасов нарезают резьбу М2,5 для подстроечных сердечников из латуни. Катушка смесителя L_9 намотана непосредственно на сердечнике СЦР-1 и содержит 9 витков провода ПЭВ-2 0,35.

Входные блоки селекторов выполнены на одинаковых печатных платах. Чертеж платы со схемой соединений деталей изображен на рис. 2-14. На каждой плате селектора со стороны печатного монтажа закреплены проходные конденсаторы C_3 и C_{11}. Их внешние обкладки припаивают к общему печатному проводнику. Со стороны печатных проводников располагают также резисторы R_1, R_2, R_8, R_{15}, катушку L_4 и диод $Д_1$. Транзисторы вставлены в отверстия в плате, выводы их припаивают со стороны печатных проводников. На платах 6—12-го каналов следует между катушками входного контура и полосового фильтра установить экраны из полосок жести или латуни размерами 40×8 мм. Сенсорное устройство монтируют на печатной плате, показанной на рис. 2-15.

После монтажа и налаживания блоки устанавливают на общую печатную плату, чертеж которой показан на рис. 2-16. Селектор каналов в сборе помещают в экран из жести. Его размеры для четырех каналов 76×60×50 мм. Селектор имеет один общий выход и рассчитан для работы на нагрузку 75 Ом. Его можно устанавливать на место фабричных селекторов каналов типа ПТК-10, ПТК-11 и СК-М-15 без всяких переделок. В телевизорах, где использовались старые селекторы ПТК-7, ПТК-3, при установке описываемого любительского селектора следует параллельно входу ПЧ телевизора установить цепь из последовательно соединенного резистора сопротивлением 75 Ом и конденсатора емкостью 1000 пФ.

Сенсорные контакты можно изготовить любым способом. Один из вариантов конструкции таких контактов показан на рис. 2-17. В дюралюминиевой отполированной пластине толщиной 2 мм сверлят 8 отверстий. Контактами сенсоров служат алюминиевые заклепки диаметром 9 мм с потайными головками. Сенсорный переключатель (обе части контактной системы) нельзя соединять с шасси телевизора.

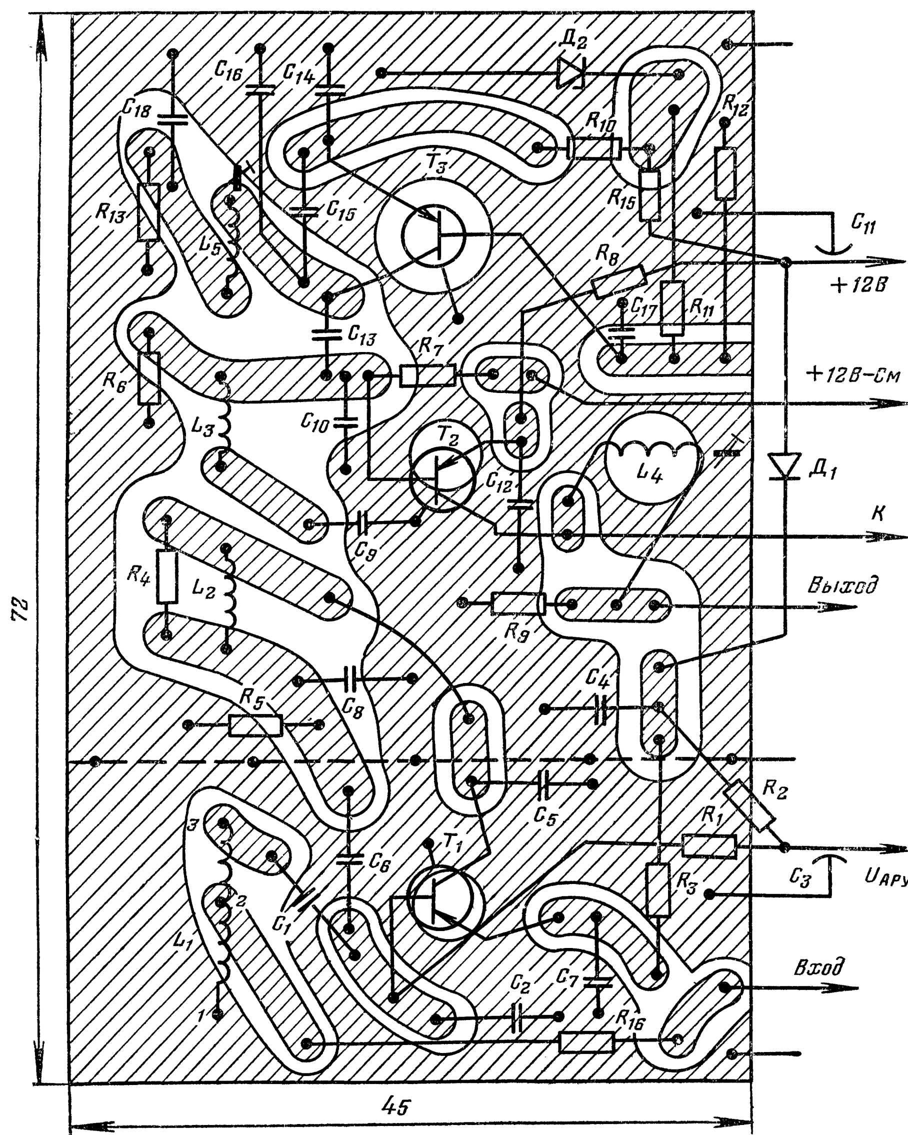


Рис. 2-14. Печатная плата входного блока селектора каналов и схема соединения деталей.

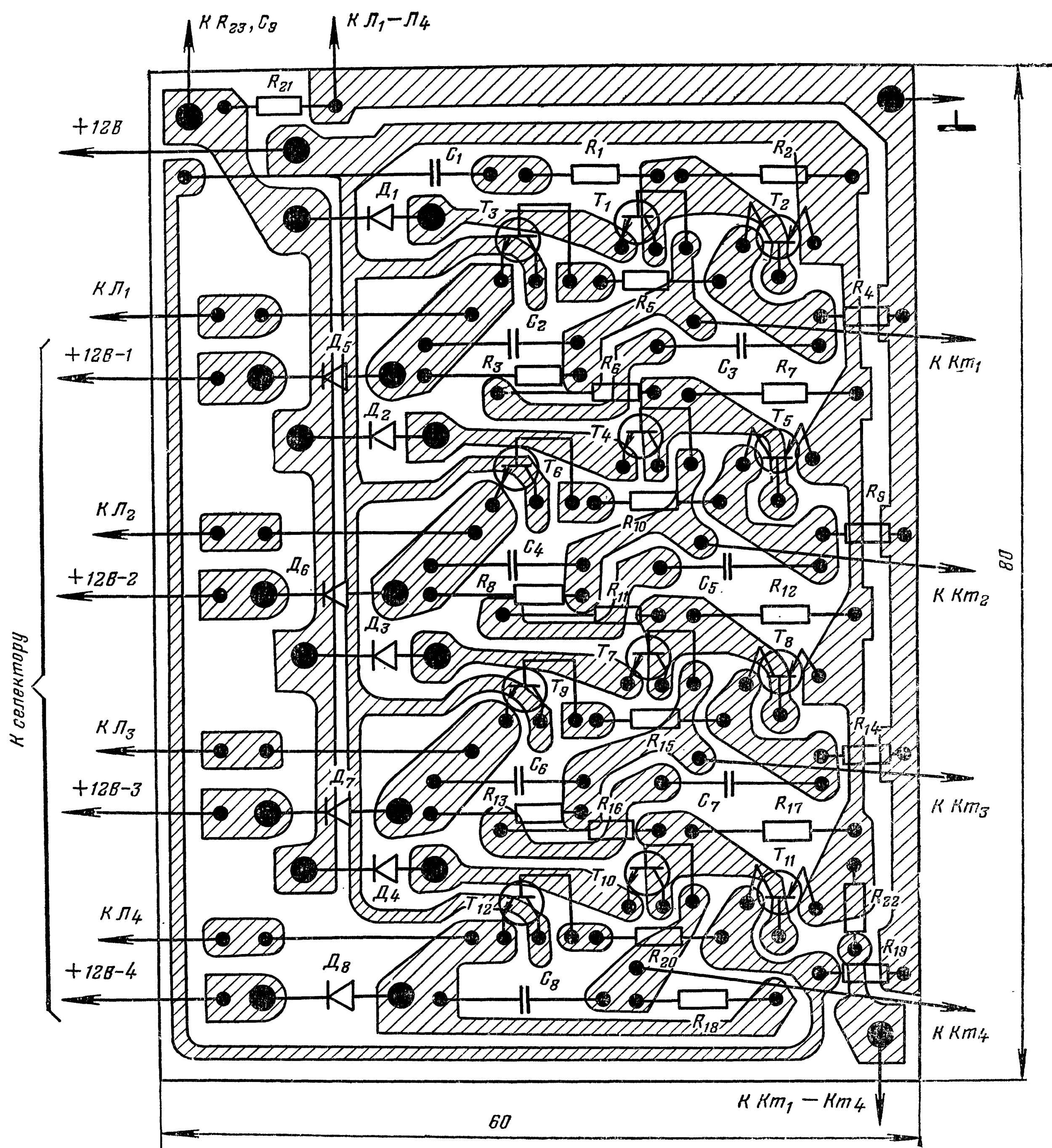


Рис. 2-15. Печатная плата сенсорного устройства.

Каждую плату входных блоков налаживают по отдельности с помощью прибора Х1-7 или аналогичного прибора до установки на общую плату. Выход генератора качающейся частоты прибора подключают ко входу устройства, а детекторную головку — к коллектору транзистора смесителя (рис. 2-12, точка *К*), который предварительно через резистор сопротивлением 50—100 Ом соединяют с общим проводом. Затем настраивают контуры усилителя ВЧ и гетеродина. При настройке контура гетеродина в точку *К* следует подать через конденсатор емкостью 5—10 пФ от генератора сигналов напряжение частотой 38 МГц. В результате на амплитудно-частотной характеристике появится метка, положение которой при точной настройке гетеродина должно соответствовать несущей частоте изображения настраиваемого канала. Гетеродин подстраивают, вращая сердечник катушки L_5.

Выходной контур смесителя (катушку L_4) настраивают после сборки селектора, так как при подсоединении всех коллекторов транзисторов смесителей в этот контур войдет суммарная выходная емкость. Сигнал с выхода генератора качающейся частоты подают через

конденсатор емкостью 1000 пФ на базу транзистора смесителя любой платы. При этом на ту же плату должно быть подано напряжение питания. Детекторную головку прибора подключают к нагрузочному резистору сопротивлением 75 Ом, который соединяют с проводом «Выход» через конденсатор емкостью 1000 пФ. При настройке необходимо получить одногорбую амплитудно-частотную характеристику со средней частотой 35 МГц.

Сенсорное устройство налаживания не требует. Зажигание индикаторных ламп при касании каждого сенсорного контакта является признаком нормальной работы устройства. При уменьшении числа сенсоров до двух или до трех следует увеличить сопротивление резистора R_{21}.

Если описанная любительская сенсорная система будет использована в промышленном транзисторном телевизоре, необходимо, чтобы в нем была система АРУ

Рис. 2-16. Печатная плата для установки высокочастотных блоков и сенсорных устройств.

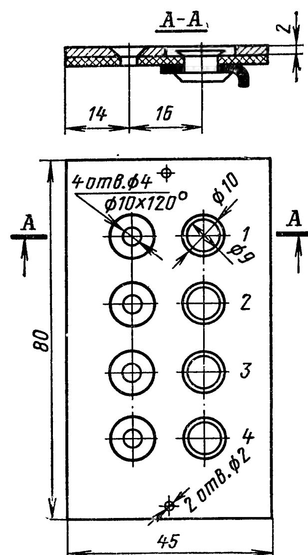


Рис. 2-17. Конструкция сенсорных контактов.

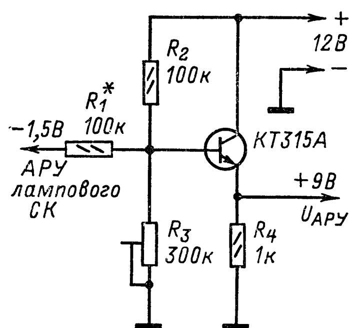


Рис. 2-18. Схема получения напряжения АРУ.

с начальным напряжением +9 В. При увеличении сигнала это напряжение должно уменьшаться до 2—3 В при максимальном сигнале. Такая система обычно присуща транзисторным телевизорам, и такие напряжения АРУ используют для регулировки коэффициента передачи УПЧ.

В ламповом телевизоре напряжение АРУ, подаваемое на селектор каналов при слабом сигнале составляет 1,5 В и увеличивается до —4 В при возрастании сигнала. На рис. 2-18 изображена схема несложного устройства, позволяющего получить из возрастающего отрицательного напряжения уменьшающееся положительное. Питание системы в ламповом телевизоре можно осуществить от выпрямителя напряжения накала ламп. Выпрямитель собирают по схеме удвоения. Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения используют простейший Г-образный RC-фильтр.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Монофонические усилители

Широкое распространение стереофонии несколько снизило интерес высококвалифицированных радиолюбителей к монофонической усилительной аппаратуре. Этого, однако, нельзя сказать о начинающих радиолюбителях и радиолюбителях средней квалификации, которые зачастую не имеют в своем распоряжении стереофонических источников программ и потому по-прежнему предпочитают одноканальную аппаратуру двухканальной.

Предлагается два варианта монофонических усилителей, описания которых были опубликованы в журнале «Радио» за 1973 г.

Первый усилитель (рис. 3-1) сконструирован московским радиолюбителем В. Львовым, получившим за эту конструкцию приз на конкурсе журнала «Радио» «СССР — 50 лет». Усилитель рассчитан на работу от пьезоэлектрического звукоснимателя, магнитофона и радиоприемника. Чувствительность его 180 мВ при входном сопротивлении 1 МОм. Номинальная выходная мощность 6 Вт при коэффициенте гармоник не более 2%, максимальная мощность 8 Вт. Полоса рабочих частот 30—20 000 Гц при неравномерности частотной характеристики ±3 дБ. Отношение сигнал/шум на выходе усилителя не хуже 55 дБ. Усилитель может работать на акустическую систему с общим сопротивлением звуковых катушек динамических головок 12—18 Ом. Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 В. Размеры его 265×155×65 мм, масса 4 кг.

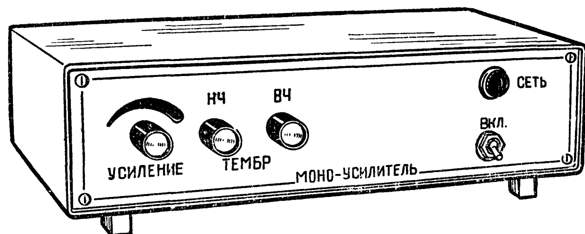


Рис. 3-1. Внешний вид усилителя.

Принципиальная схема усилителя В. Львова показана на рис. 3-2. Усилитель состоит из каскадов предварительного усиления напряжения, регулировки тембра, фазоинверсного каскада и усилителя мощности.

Входной каскад предварительного усилителя собран на полевом транзисторе T_1, обеспечивающем большое входное сопротивление, необходимое для согласования усилителя с пьезоэлектрическим звукоснимателем. Затвор транзистора T_1 подключен непосредственно к движку регулятора громкости R_1. С помощью резистора R_2 уста-

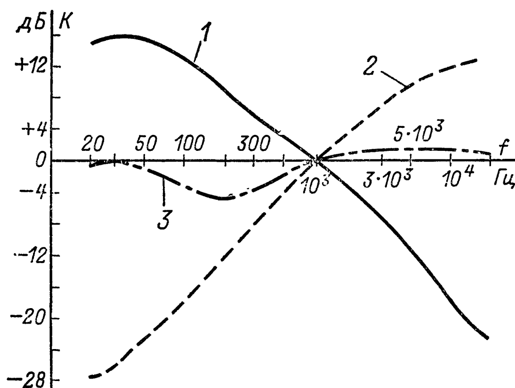


Рис. 3-3. Амплитудно-частотные характеристики усилителя.

Рис. 3-2. Принципиальная схема усилителя.

навливают рабочую точку полевого транзистора. Резистор R_3 стабилизирует коэффициент усиления входного каскада по постоянному и переменному току. Второй каскад предварительного усилителя представляет собой эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе T_2. Оба каскада предварительного усилителя питаются от

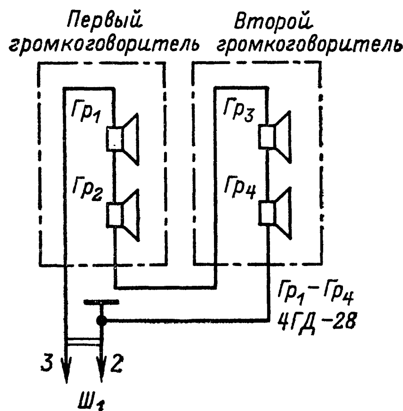


Рис. 3-4. Схема соединения головок.

простейшего стабилизатора напряжения на диодах $Д_5$, $Д_6$ через фильтр R_4C_2.

Двухкаскадный усилитель регулировки тембра выполнен на транзисторах T_3, T_4, включенных по схеме с ОЭ. Собственно регулятор тембра собран по мостовой схеме. Тембр низших звуковых частот регулируется резистором R_7, а высших — резистором R_{10}. Амплитудно-частотные характеристики усилителя приведены на рис. 3-3. Кривая *1* соответствует введенному резистору R_7 и выведенному R_{10}, кривая *2* — выведенному R_7 и введенному R_{10}, а кривая *3* — среднему положению движков этих резисторов. Рабочая точка транзистора T_3 задается сопротивлением резистора R_{11}, а транзистора T_4 сопротивлением резистора R_{14}. Резисторы R_{11}, R_{14}, R_{13} и R_{16}, входящие в цепи отрицательных обратных связей по постоянному и переменному токам, обеспечивают взаимозаменяемость транзисторов T_3, T_4, а емкостная связь между каскадами (C_9, C_{10}) позволяет обойтись без предварительного отбора транзисторов и облегчает установку рабочей точки каждого каскада. Питается усилитель регулировки тембра от двухполупериодного выпрямителя через развязывающий фильтр $R_{30}C_{16}$.

Фазоинверторный каскад собран по трансформаторной схеме на составном транзисторе T_5, T_6. Рабочая точка каскада устанавливается резистором R_{17}. Конденсатор C_{11} в цепи первичной обмотки трансформатора $Тр_1$ фазоинвертора исключает подмагничивание его магнитопровода, что позволило получить малый коэффициент гармоник и широкую полосу пропускания.

Усилитель мощности выполнен по двухтактной бестрансформаторной схеме на транзисторах T_7, T_8. Рабочие точки каждого плеча каскада усилителя мощности устанавливаются независимо друг от друга делителями R_{21}, R_{22} и R_{23}, R_{24}. Малое сопротивление в базовой цепи транзисторов T_7, T_8 обеспечивает жесткую стабилизацию рабочих точек даже после значительного прогрева транзисторов.

Рис. 3-5. Вид на монтаж усилителя.

Весь усилитель охвачен цепью ООС, напряжение которой снимается с его выхода и через резистор R_{27} подается в эмиттерную цепь транзистора T_4. Усилитель работает на два громкоговорителя, в каждом из которых установлено по две динамические головки 4ГД-28 (рис. 3-4). Выпрямитель усилителя собран по двухполупериодной мостовой схеме на диодах $Д_1$—$Д_4$.

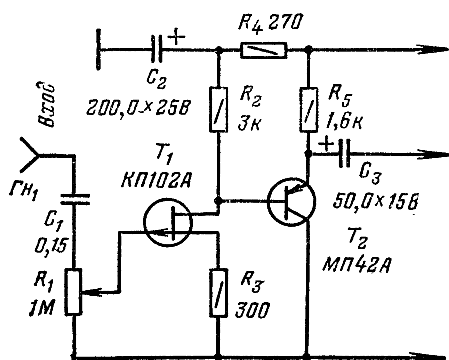


Рис. 3-6. Схема входного каскада усилителя.

Усилитель собран на двух платах (рис. 3-5). На первой плате размещены детали собственно усилителя, а на второй — блока питания. На передней панели усилителя установлены переменные резисторы регулятора громкости R_1 и регуляторов тембра R_7, R_{10}, выключатель сети B_1 и сигнальная лампочка $Л_1$, на задней — гнездо *Гн*$_1$, разъемы $Ш_1$, $Ш_2$ и держатель предохранителя *Пр*$_1$. По всей высоте передняя и задняя панели соединены перегородкой, выполняющей также функции экрана. Нижние углы панелей соединены уголками, служащими для крепления плат усилителя и блока питания.

В усилителе применены широко распространенные детали: резисторы МЛТ, конденсаторы постоянной емкости КМ, МБМ, электролитические К50-6. Резисторы R_{20}, R_{21} и R_{23} состоят из двух параллельно соединенных резисторов МЛТ-2, а R_{25}, R_{26}, R_{28} и R_{29} намотаны высокоомным константановым или манганиновым проводом. Каркасами могут служить резисторы МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 1 кОм. Переменные резисторы СП-1, СП-2 типа А или В.

Входной каскад можно выполнить на любом полевом транзисторе. Транзистор МП37Б во втором каскаде усилителя можно заменить германиевым транзистором структуры *n-p-n* или выполнить эмиттерный повторитель на маломощном германиевом транзисторе *p-n-p* структуры (рис. 3-6). В усилителе регулировки тембра можно использовать любые маломощные транзисторы с допустимым напряжением между коллектором и эмиттером не менее 20 В. В фазоинверторе транзистор МП25 можно заменить МП20А, МП21 и МП26, а транзистор П605А — любым транзистором серии П601—П609. В усилителе мощности вместо транзистора КТ803А можно использовать транзисторы КТ802, КТ805, КТ903, КТ905, П702.

Для выпрямителя вместо диодов КД202 пригодны также Д214, Д215, Д301—Д305. При необходимости можно использовать параллельно включенные диоды Д7А с выравнивающими резисторами сопротивлением несколько ом.

Трансформатор *Тр*$_1$ намотан на тороидальном магнитопроводе размерами 25/40-16 из электротехнической стали Э340. Обмотка с выводами *1-2* содержит 1000 витков провода ПЭВ-2 0,15, а обмотки с выводами *3-4* и *5-6* — по 1000 витков провода ПЭВ-2 0,27. Для симметрии сигнала фазоинвертора обмотки *3-4* и *5-6* рекомендуется намотать в два провода. Этот трансформатор можно выполнить и на любом магнитопроводе Ш или ШЛ с площадью сечения набора не менее 0,8 см^2 без изменения намоточных данных.

Трансформатор питания намотан на магнитопроводе ШЛ25×35. Обмотка с выводами *1-2* содержит 2460

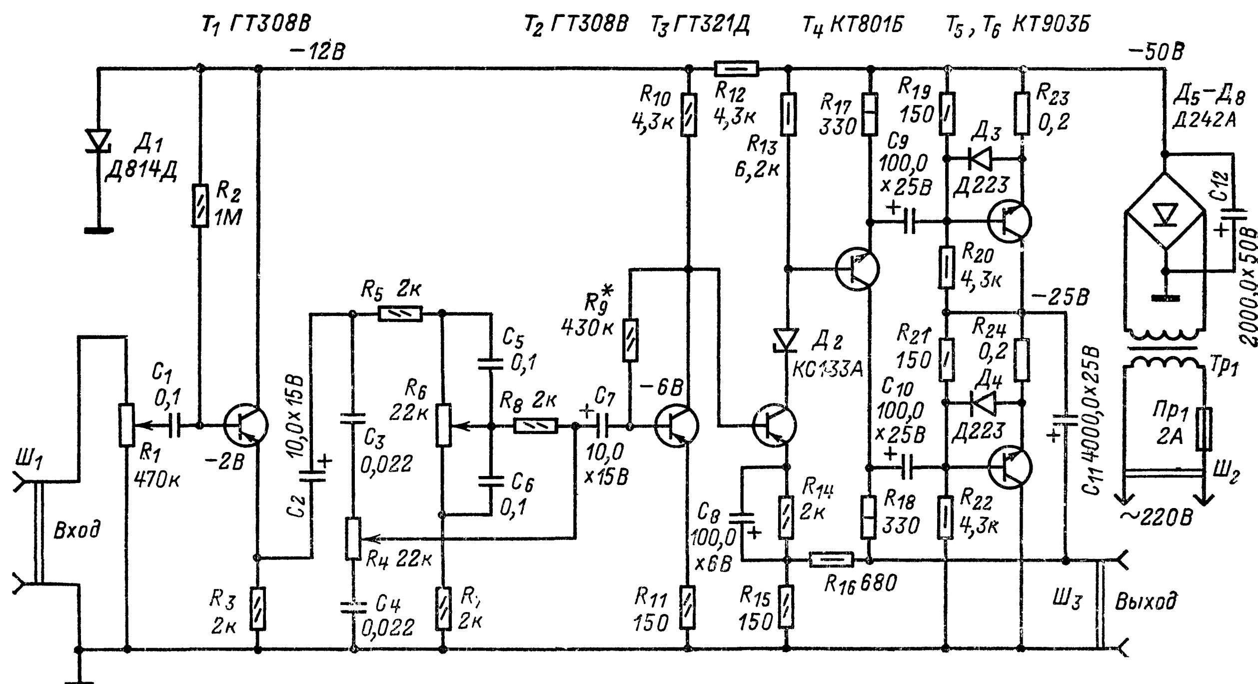


Рис. 3-7. Принципиальная схема усилителя.

витков провода ПЭВ-2 0,22, с выводами *2-3* 140 витков того же провода, а *4-5* и *5-6* по 170 витков ПЭВ-2 0,83. Этот трансформатор можно намотать и на Ш-образном магнитопроводе с площадью сечения набора не менее 6 см^2 без изменения намоточных данных. При необходимости можно несколько уменьшить диаметр проводов. Сигнальную лампочку СМ-37 можно заменить лампочкой на напряжение 28 В, подключив ее к обмотке *1-3* трансформатора питания через резистор сопротивлением 50—150 кОм и мощностью 0,25 Вт.

Перед налаживанием усилителя следует проверить правильность монтажа, после чего, подключив к нему громкоговорители, подать на вход сигнал от звукоснимателя или магнитофона. При отсутствии ошибок в монтаже и заведомо исправных деталях усилитель сразу начинает нормально работать.

Если у радиолюбителя есть авометр ТТ-1 или какой-либо другой, рекомендуется более тщательно установить режимы каскадов в соответствии с указанными на принципиальной схеме. Особое внимание при налаживании следует уделить усилителю мощности. Токи покоя выходных транзисторов должны находиться в пределах 50—75 мА. Больший ток покоя вызывает увеличение мощности рассеивания транзисторов, а меньший — появление переходных искажений.

Второй усилитель сконструирован радиолюбителем из г. Пущино на Оке Г. Крыловым. Особенностью его является широкая полоса рабочих частот, благодаря чему он может быть использован не только для совместной работы с пьезоэлектрическими звукоснимателями, но и в других устройствах, где требуется усиление звуковых сигналов в широком диапазоне частот и, в частности, в инфра- и ультразвуковых преобразователях. Чувствительность усилителя 180 мВ. Номинальная выходная мощность 8 Вт при коэффициенте гармоник менее 1%, максимальная 16 Вт. Полоса рабочих частот 15—60 000 Гц при неравномерности частотной характеристики ±1 дБ. Диапазон регулировки тембра 16 дБ. Уровень фона 62 дБ. Нагрузка — динамические головки с общим сопротивлением звуковых катушек 12 Ом.

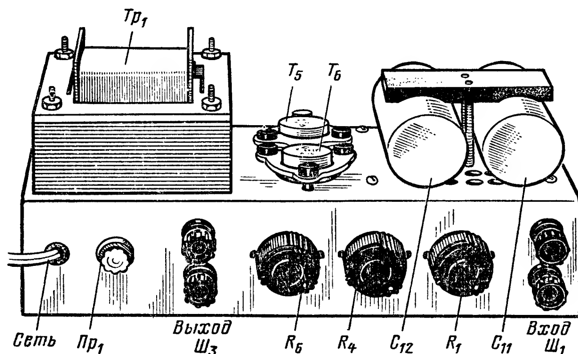


Рис. 3-8. Конструкция усилителя (вид сверху).

Усилитель Г. Крылова состоит из каскада предварительного усиления, двухкаскадного усилителя регулировки тембра, фазоинвертора и усилителя мощности (рис. 3-7). Каскад предварительного усиления выполнен на транзисторе T_1 по схеме эмиттерного повторителя, большое входное сопротивление которого позволяет использовать усилитель для работы от пьезоэлектрического звукоснимателя. К эмиттерному повторителю подключены цепи мостового регулятора тембра. Резистор R_4 регулирует тембр высших звуковых частот, а резистор R_6 — низших. Усилитель регулировки тембра собран на транзисторах T_2, T_3. Режим каскада на транзисторе T_3 стабилизируется цепью $R_{14}C_8$. Фазоинвертор выполнен на транзисторе T_4 по схеме с разделенной нагрузкой.

Усилитель мощности собран на мощных высокочастотных транзисторах T_5, T_6 по двухтактной схеме с бестрансформаторным выходом. Работает он в режиме *B*. Режим выходных транзисторов задается делителем R_{19}—R_{22}. Диоды $Д_3$, $Д_4$ симметрируют входные характеристики этих транзисторов. Для балансировки динамической характеристики усилителя резистор R_{18} коллекторной нагрузки транзистора T_4 фазоинвертора подключен к выходу усилителя. Выходные транзисторы T_5, T_6 выдерживают кратковременные короткие замыкания в нагрузке, так как их базовые токи ограничиваются резистором R_{18}. Весь усилитель охвачен глубокой ООС, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через резистор R_{16} подается в цепь эмиттера транзистора T_3. Усилитель питается от выпрямителя, собранного по мостовой схеме на мощных диодах $Д_5$—$Д_8$. Напряжение питания двух первых каскадов стабилизировано стабилитроном $Д_1$.

Шасси размерами 229×110×52 мм, на котором смонтирован усилитель, изготовлено из двухмиллиметрового алюминия (рис. 3-8). Для облегчения теплового режима деталей, размещенных в подвале шасси, в месте крепления конденсаторов C_{11}, C_{12} и в крышке, закрывающей подвал шасси, имеются вентиляционные отверстия. На передней стенке шасси размещены входные и выходные гнезда, регуляторы громкости и тембра, а также держатель предохранителя. Сверху шасси установлен трансформатор питания, конденсаторы C_{11}, C_{12} и выходные транзисторы T_5, T_6, укрепленные с помощью эбонитовых болтов. Транзистор T_5 изолирован от шасси тефлоновой пленкой толщиной 50 мкм. Все остальные элементы усилителя размещены в подвале шасси (рис. 3-9), причем мелкие детали смонтированы на монтажной плате размерами 85×85 мм, выполненной из гетинакса толщиной 1,5 мм (рис. 3-10). Транзистор фазоинвертора T_4 укреплен на радиато-

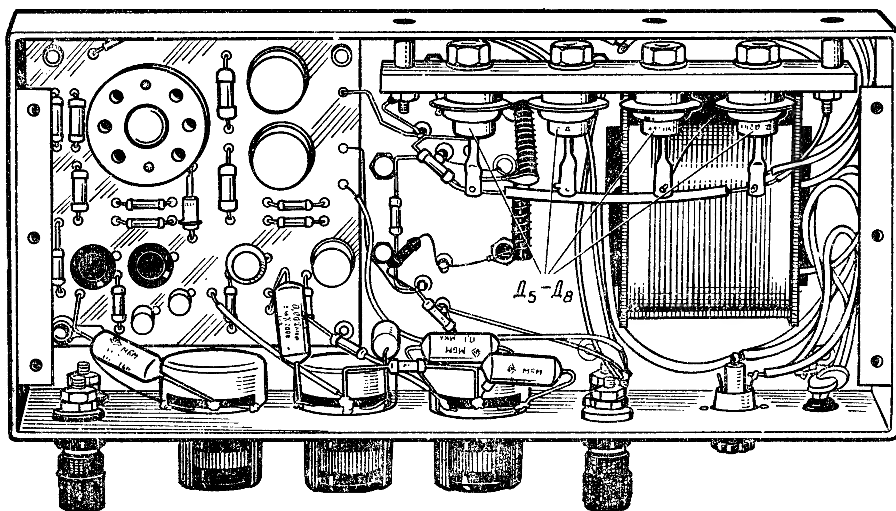


Рис. 3-9. Конструкция усилителя (вид снизу).

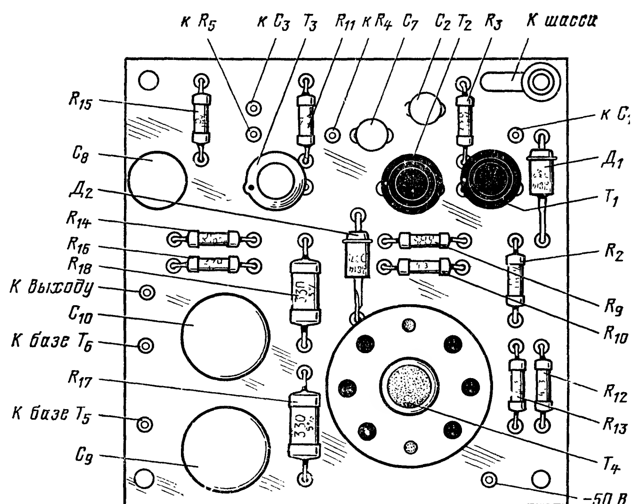


Рис. 3-10. Монтажная плата усилителя.

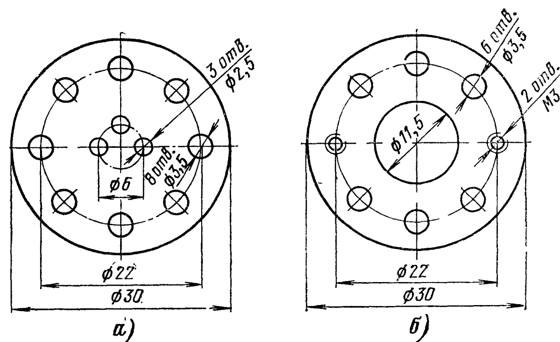


Рис. 3-11. Радиатор транзистора фазоинвертора.

ре, собранном из двух дюралюминиевых дырчатых дисков толщиной 5 мм (рис. 3-11). Диоды размещены на планке из винипласта размерами 125×22×5 мм.

В усилителе используются постоянные резисторы МЛТ, переменные СП-1 с кривой изменения сопротивления типа В. Резисторы R_{23}, R_{24} содержат по 10 витков никелинового провода диаметром 0,3 мм, намотанных на резисторах ВС-0,5. Никелин обладает большим положительным ТКС и улучшает термостабильность усилителя. Все электролитические конденсаторы К50-6, остальные МБМ и БМ-2. Трансформатор питания выполнен на магнитопроводе Ш 32×32. Его сетевая обмотка (*1-2*) содержит 900 витков провода ПЭВ-1 0,41, а вторичная — 160 витков провода ПЭВ-1 0,8 (4 слоя).

Налаживание усилителя сводится к установке режимов транзисторов, указанных на принципиальной схеме.

Высококачественный УНЧ

Прежде чем перейти к описанию стереофонических усилителей, составители сборника решили познакомить читателей с еще одним монофоническим усилителем, предложенным радиолюбителями С. Батем и В. Середой. Принципиальная схема его приведена на рис. 3-12. В отличие от большинства высококачественных усилителей, опубликованных в различной радиолюбительской литературе, этот усилитель питается от выпрямителя без стабилизатора, выходное напряжение которого зависит от потребляемого тока, определяемого выходной мощностью. При отсутствии входного сигнала ток покоя усилителя равен примерно 60 мА. В этом режиме выпрямитель позволяет получить два напряжения по 25 В, с разной (относительно «земли») полярностью. При появлении входного сигнала ток, потребляемый от выпрямителя, возрастает, а напряжение на его выходе снижается. Характер изменения напряжения зависит от статистического распределения мощности во входном

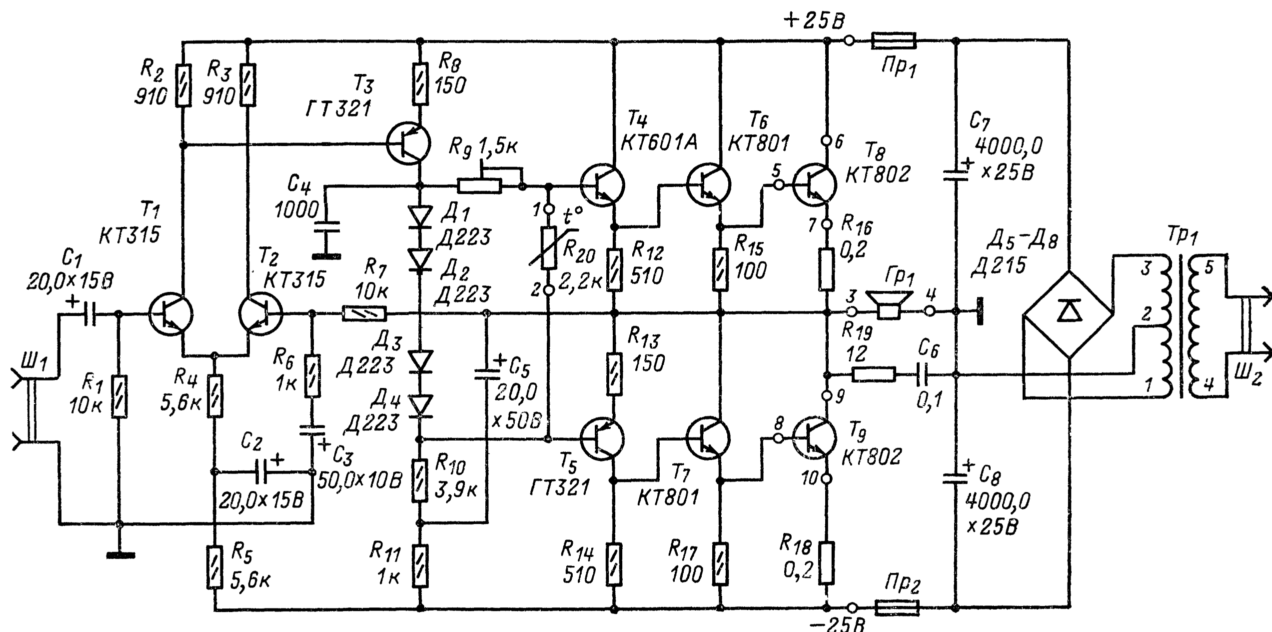


Рис. 3-12. Принципиальная схема усилителя.

сигнале. При синусоидальном сигнале с постоянной амплитудой ток, потребляемый от выпрямителя, не меняется, а напряжение на его выходе $U_{вых}$ зависит от сопротивления нагрузки $R_н$ (табл. 3-1).

Указанные в таблице значения номинальной выходной мощности измерены при коэффициенте гармоник не более 0,7%. При прослушивании музыкальной программы пиковая или, как ее принято называть в зарубежной литературе, музыкальная мощность усилителя может заметно превышать указанную в таблице номинальную мощность, потому что ток, потребляемый при этом от выпрямителя, не превышает 30% тока, потребляемого в режиме синусоидального сигнала. Для оценки максимальной мощности усилителя были измерены среднее значение напряжения и амплитуда пульсаций на выходе выпрямителя при 30%-ной выходной мощности на нагрузке 7,5 и 4 Ом, а также выходная мощность усилителя при питании его от двух стабилизированных источников, напряжение которых равно среднему значению напряжения стабилизированного выпрямителя за вычетом амплитуды пульсаций. Результаты измерений сведены в табл. 3-2. Поскольку номинальная и максимальная мощности недостаточно полно характеризуют возможности

Таблица 3-1

$R_н$, Ом	$U_{вых}$, В	$P_{вых}$, Вт
15	22×2	14
7,5	20×6	16
4,0	18×2	20

Таблица 3-2

$R_н$, Ом	$U_{вых}$, В $P_{вых}$ 5 Вт	$U_{пульс}$, В	$U_{ст}$, В	$P_{пик}$, Вт
7,5	23×2	1,0	22,0	21,0
4,0	21,5×2	1,2	20,3	31,0

Таблица 3-3

$R_н$, Ом	$U_{вых}$, В	$P_{вых}$, Вт
15	24×2	17
7,5	24×2	34
4	24×2	49

усилителя и зависят от параметров трансформатора питания, диодов и конденсаторов фильтра, были проведены дополнительные измерения выходной мощности при различных сопротивлениях нагрузки и питании усилителя от двух стабилизированных источников (табл. 3-3).

Из других особенностей усилителя следует отметить подключение нагрузки к выходу оконечного каскада без разделительного конденсатора. При таком соединении на выходе усилителя нужно постоянно поддерживать нулевой потенциал относительно земли. В противном случае через динамическую головку будет протекать постоянный ток, что нежелательно. Для поддержания нулевого потенциала на выходе усилителя он охвачен глубокой ООС, напряжение которой снимается с его выхода и через резистор R_7 подается на базу транзистора T_2, работающего в дифференциальном каскаде.

Конденсатор C_4 в коллекторной цепи транзистора T_3 и шунтирующая нагрузку цепь C_6R_{19} препятствуют самовозбуждению усилителя на высоких частотах. С помощью подстроечного резистора R_9 устанавливают начальный ток оконечного каскада усилителя.

Усилитель с успехом может работать в высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуре. Номинальная выходная мощность его 20 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и коэффициенте гармоник 0,7%, чувствительность при номинальной выходной мощности и входном сопротивлении 10 кОм — 1 В. Относительный уровень помех 86 дБ. Рабочий диапазон частот 20—20 000 Гц при неравномерности амплитудно-частотной характеристики 0,5 дБ.

Усилитель смонтирован на одной печатной плате (рис. 3-13). Выходные транзисторы T_8 и T_9 установлены на радиаторах площадью 100 см². Терморезистор R_{20} закреплен на радиаторе транзистора T_8. Транзисторы T_1 и T_2, работающие в дифференциальном каскаде, перед установкой в усилитель желательно подобрать так, чтобы их коэффициенты передачи по току отличались не более чем на 15%. В этом каскаде можно использовать транзисторы КТ315А, КТ315В, КТ315Г, КТ312Б, имеющие $B_{ст}=50$. Транзисторы КТ801 (T_6, T_7) можно заменить на П701 или П702. В оконечной ступени (T_8, T_9) можно устанавливать транзисторы КТ802, КТ805, КТ803.

Резисторы R_{16}, R_{18} намотаны константановым проводом диаметром 0,15 мм, подстроечный резистор R_9 — СП3-1Б, остальные резисторы МЛТ-0,25 или УЛМ-0,12. Конденсаторы C_4 — К10-7В, C_6 — МБМ, остальные К50-6. Терморезистор R_{20} — КМТ-1. Можно применить и любой другой терморезистор с отрицательным ТКС, имеющий при температуре 20° С сопротивление 2,2 кОм. Вместо терморезистора можно установить обычный резистор типа ВС или МЛТ.

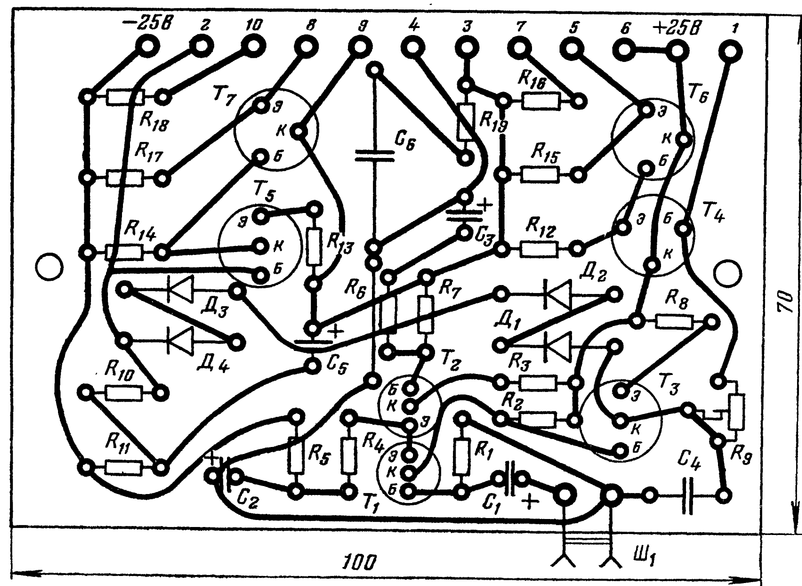


Рис. 3-13. Печатная плата и схема соединения деталей усилителя.

Для трансформатора питания можно использовать трансформатор мощностью 40—50 Вт. Его вторичную обмотку наматывают с отводом от середины. Напряжение холостого хода на этой обмотке должно быть равно 35 В. Авторы конструкции применили трансформатор питания от магнитофона «Айдас». Его сетевую обмотку они не перематывали, а вторичную перемотали. Новая обмотка содержит 156 витков провода ПЭВ-1 0,65. В усилителе, работающем на нагрузку 4 Ом, используются предохранители на 2 А.

Регулировку усилителя начинают с установки рабочей точки оконечного каскада. Для этого в коллекторную цепь транзистора T_8 включают авометр, установленный на предел измерения 100 мА или близкий. Перед включением питания подстроечный резистор R_9 ставят в положение максимального сопротивления. После включения питающего напряжения, уменьшая сопротивление этого резистора, устанавливают ток коллектора транзистора T_8 около 50—70 мА. Далее проверяют постоянное напряжение на выходе оконечного каскада. О нем удобно судить по значению постоянного тока, протекающего через сопротивление нагрузки. Для измерения этого тока между точкой *3* (см. обозначение на схеме) и общим проводом включают авометр, предварительно установленный на предел измерения 0,5 А. Установка на такой грубый предел измерения тока предохранит прибор от выхода из строя в случае сильного разбаланса оконечного каскада и неправильной полярности включения авометра. Убедившись в том, что авометр включен правильно, измеряют ток. Если показания превышают 15 мА, изменяя в небольших пределах сопротивление резистора R_8, следует уменьшить ток до указанного значения.

Все описанные регулировки проводят при отключенном сопротивлении нагрузки. При необходимости можно увеличить чувствительность усилителя со входа до 0,5 или 0,25 В, уменьшив соответственно сопротивление резистора R_6 до 510 или 250 Ом.

Заключительный этап налаживания усилителя состоит в измерении чувствительности, номинальной мощности, коэффициента гармоник и снятии частотной характеристики. Если же радиолюбитель не располагает необходимыми для этого приборами, качественные показатели усилителя можно оценить при прослушивании музыкальных программ.

УНЧ с глубокими регулировками тембра

Наряду со многими положительными качествами описанных усилителей им присущ один общий недостаток — малая глубина регулировки тембра высших и особенно низших звуковых частот. Дело в том, что соответствующий узел в этих усилителях выполнен по *RC*-мостовой схеме и включен между предварительным и оконечным усилительными блоками. При таком построении схемы от предварительного усилителя требуется большое усиление и большая амплитуда сигнала на выходе, что в конечном счете приводит к увеличению нелинейных искажений и ухудшению ряда других параметров усилителя.

Московскому радиолюбителю Г. Микиртичану удалось построить усилитель с более широким диапазоном регулировки тембра, которая осуществляется в цепи общей обратной связи предварительного усилителя. Глубина регулировки составляет 20 дБ на высших звуковых частотах и 24 дБ — на низших. Снижение усиления на крайних частотах рабочего диапазона обеспечивается *RC* и *LC*-фильтрами, включенными между предварительным и оконечным усилительными блоками. При этом имеет место незначительное (с 26 до 20 дБ) уменьшение глубины общей обратной связи на краях рабочего диапазона только при максимальном ослаблении усиления. Для регулировки тембра на высших и низших звуковых частотах используются резисторы СП-IА или СП-II-А, подвергаемые легкодоступной переделке, которая вместе с использованием пружинящего свойства скользящего контакта позволяет точно устанавливать переменные резисторы в среднее положение, соответствующее плоской частотной характеристике усилителя.

Частотные характеристики регуляторов тембра приведены на рис. 3-14. Сплошными линиями показаны амплитудно-частотные характеристики, полученные на низших частотах при установке в среднее положение движка регулятора тембра высших частот, а на высших — движка регулятора тембра низших частот. Пунктиром показаны характеристики, соответствующие крайним (подъем или снижение усиления) положениям движков регуляторов тембра. В усилителе Г. Микиртичана подъем усиления на частотах 100 Гц и 10 кГц составляет 16 дБ, на частоте 20 Гц — 24 дБ, а на частоте 20 кГц — 20 дБ. Диапазон рабочих частот усилителя 20—20 000 Гц при неравномерности частотной характеристики ±0,3 дБ. Максимальная неискаженная выходная мощность усилителя 10 Вт при напряжении на входе 250 мВ. Коэффициент гармоник в диапазоне частот 100—8000 Гц не более 1,2%. Входное сопротивление 100—150 кОм в зависимости от положения движка регулятора громкости. Выходное сопротивление 0,1 Ом. Уровень шума 80 дБ.

Принципиальная схема усилителя показана на рис. 3-15. Трехкаскадный предварительный усилитель собран на высокочастотных транзисторах T_1—T_3, обеспечивающих постоянные значения входных сопротивлений и глубины общей обратной связи во всем диапазоне рабочих частот. Транзисторы T_1—T_3 включены по схеме с непосредственной связью между каскадами и охвачены глубокими обратными связями. Обратная связь, создаваемая резисторами R_2 и R_3, стабилизирует режимы всех трех транзисторов, а обратная связь, создаваемая резистором R_9, стабилизирует потенциал коллектора транзистора T_3 по постоянному току. Резистор R_9 используется и в цепи обратной связи по переменному току, потому что через него протекает часть выходного тока, под действием которого на резисторе R_6, уста-

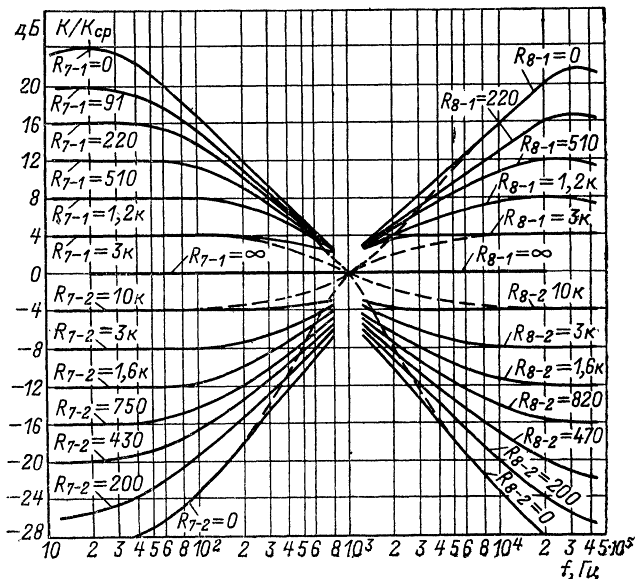


Рис. 3-14. Амплитудно-частотные характеристики регуляторов тембра.

новленном в цепи эмиттера транзистора T_2, образуется переменное напряжение общей ООС. Эта обратная связь обладает весьма полезным свойством: с помощью резистора R_6 можно в широких пределах регулировать в усилителе коэффициент усиления по напряжению, оставляя практически неизменной глубину общей обрат-

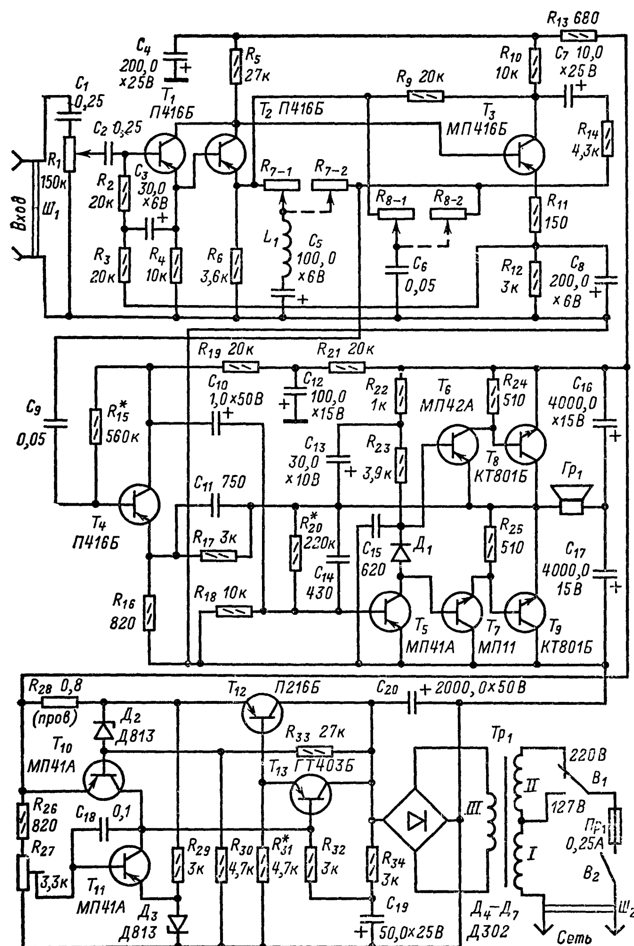


Рис. 3-15. Принципиальная схема усилителя.

ной связи. Указанное обстоятельство и позволяет получить подъем усиления на низших и высших звуковых частотах.

Экспериментальная проверка усилителя показала, что регулируя сопротивление резистора R_6, можно изменять коэффициент усиления в 20 раз и более. При этом глубина общей обратной связи изменится всего на 20—30%. Подъем усиления на высших звуковых частотах достигается благодаря конденсатору C_6, включенному через резистор $R_{8\text{-}1}$ параллельно резистору R_6. С увеличением частоты емкостное сопротивление этого конденсатора уменьшается и при целиком выведенном резисторе $R_{8\text{-}1}$ полностью шунтирует резистор R_6. В результате в диапазоне 13—16 кГц достигается подъем усиления 6 дБ на октаву. При перемещении движка переменного резистора R_8 с участка $R_{8\text{-}2}$ усиление на высших частотах снижается, при обратном перемещении на участок $R_{8\text{-}2}$— увеличивается.

Подъем и снижение усиления на низших звуковых частотах создается последовательным резонансным контуром L_1C_5, настроенным на частоту 20—30 Гц. Подъем наблюдается, когда движок переменного резистора R_7 находится на участке $R_{7\text{-}1}$, а снижение, — если движок этого же резистора находится на участке $R_{7\text{-}2}$.

Оконечный усилитель — четырехкаскадный. Первый и второй каскады (транзисторы T_4 и T_5) работают в режиме усиления напряжения, а третий и четвертый (транзисторы T_6—T_9) — в режиме усиления тока. Схема оконечного усилителя имеет некоторые особенности по сравнению с обычными бестрансформаторными усилителями. Из-за введения более глубокой общей ООС по переменному току в усилитель пришлось ввести конденсаторы C_{11}, C_{14}, C_{15}, обеспечивающие устойчивую работу усилителя за пределами высокочастотной части рабочего диапазона. Чтобы увеличить к. п. д. усилителя при том же напряжении питания, сопротивление местной ООС из цепи эмиттера транзистора T_5 пришлось исключить.

Для стабилизации тока покоя транзисторов T_6—T_9 в коллекторную цепь транзистора T_5 потребовалось включить два последовательно соединенных диода: кремниевый и германиевый, обозначенные на схеме одним диодом $Д_1$. Эти диоды должны иметь тепловой контакт с радиатором транзистора T_8 или T_9. Функции кремниевого диода выполняет переход коллектор — база транзистора КТ315А (можно установить и другие кремниевые транзисторы, например, МП116, МП113). Использованный германиевый диод Д311А можно заменить любым сплавным транзистором. В оконечном каскаде усилителя используются сравнительно маломощные транзисторы КТ801Б. Это позволило значительно облегчить режим работы предоконечных транзисторов T_6, T_7, так как транзисторы КТ801Б имеют значительный коэффициент усиления $B_{ст}=10\div30$ при токе покоя 20—30 мА.

При напряжении питания 27 В сопротивление звуковой катушки динамической головки должно быть равно 6 Ом. При изменении этого сопротивления для получения выходной мощности 10 Вт напряжение источника питания следует также изменить. Однако увеличивать его более 30—33 В нецелесообразно ввиду того, что примененные в усилителе детали на это не рассчитаны. Усилитель может работать при пониженном напряжении 16—20 В, отдавая в нагрузку 4—7 Вт.

Блок питания усилителя состоит из понижающего трансформатора $Тр_1$, выпрямителя на диодах $Д_4$—$Д_7$ и стабилизатора напряжения на транзисторах T_{10}—T_{13}, включенных по компенсационной схеме с защитой от короткого замыкания в нагрузке.

В усилителе используются резисторы МЛТ-0,125 или ВС-0,125, конденсаторы МБМ, БМ-2 и К50-6. Переменные резисторы $R_{7\text{-}1}$, $R_{7\text{-}2}$ и $R_{8\text{-}1}$, $R_{8\text{-}2}$ изготовляют из промышленных переменных резисторов СП-I-А или СП-II-А сопротивлением 2,4—3,3 кОм. При переделке (рис. 3-16) с резисторов снимают защитный экран и ось со скользящим контактом. Лепестки *4* и *6* подключают к омметру и острым ножом удаляют края проводящего слоя так, чтобы в средней части он стал у́же и равно-

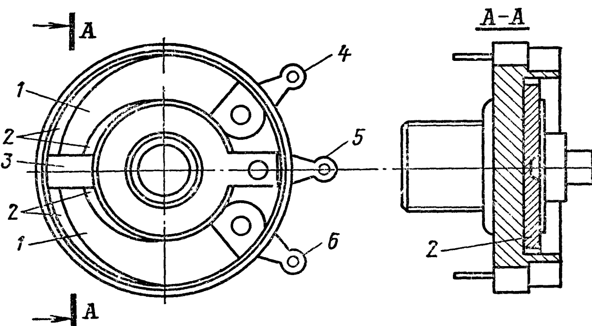


Рис. 3-16. Переделка переменных резисторов.

мерно расширялся к концам (участок проводящего слоя, по которому двигается скользящий контакт, удалять нельзя). Сопротивление переменного резистора должно при этом немного увеличиться. Затем очень мелкой наждачной шкуркой стирают оставшуюся часть проводящего слоя в обе стороны от середины на угол 100—110° так, чтобы проводящий слой в средней части стирался больше, чем у краев. Стирая проводящий слой, нужно все время следить за стрелкой омметра, после того, как она достигнет 8—9 кОм, работу следует прекратить. В средней части «подковы» из текстолита, на которую нанесен проводящий слой, следует вырезать поперечную канавку *3* шириной 3—4 и глубиной 0,5—1 мм. Затем ось со скользящим контактом нужно установить на прежнее место и, вращая ее, убедиться, что скользящий контакт фиксируется в среднем положении при попадании его пружины в вырезанную канавку *3*. При нечеткой фиксации канавку следует углубить. Далее, установив контакт в среднее положение и поочередно подключая омметр к контактам *5*, *6* и *5*, *4*, нужно проверить сопротивление между ними, которое должно быть бесконечно велико.

Затем, подключив омметр к контактам *5-6*, скользящий контакт из среднего положения смещают на начало проводящего слоя, соединенного с контактом *6*. Стрелка омметра должна показывать при этом около 3 кОм. Этот участок сопротивления соответствует резистору $R_{7\text{-}1}$. Далее омметр подключают к контактам *5*, *4*, скользящий контакт переводят из среднего положения на начало проводящего слоя, соединенного с контактом *4*, измеряют сопротивление этого участка и, стирая проводящий слой мелкой наждачной бумагой, доводят сопротивление этого участка до 10 кОм. Участок сопротивления, соединенный с контактом *4*, соответствует резистору $R_{7\text{-}2}$. Резисторы $R_{8\text{-}1}$ и $R_{8\text{-}2}$ изготавливают аналогичным способом.

Катушка L_1 намотана на односекционном каркасе, размещенном в магнитопроводе ОБ-20 из феррита 2000НМ, зазор 0,15—0,2 мм. Ее обмотка содержит 1500 витков провода ПЭВ-1 0,1.

Трансформатор питания Tp_1 можно выполнить на любом магнитопроводе с сечением стержня около 6 см², например Ш20×30. Обмотка *1-2* содержит 1270 витков, обмотка *2-3* 920 витков провода ПЭВ-2 0,2 и обмотка *4-5* 270 витков провода ПЭВ-2 0,8.

Налаживание усилителя начинают с проверки работоспособности выпрямителя и стабилизатора. Напряжение 27 В на выходе стабилизатора устанавливают резистором R_{27}. Затем к выходу стабилизатора подключают амперметр с пределом измерений 1,5—2 А и проверяют отсутствие тока при коротком замыкании выхода стабилизатора амперметром.

Перед включением оконечного блока усилителя к нему подключают эквивалент нагрузки и замыкают накоротко диод $Д_1$. Далее резистором R_{20} устанавливают напряжение 12,5—13 В на коллекторе транзистора T_5.

Диоды, входящие в $Д_1$, подбирают таким образом, чтобы при отсутствии сигнала на входе потребляемый усилителем ток возрос с 4—5 до 40—50 мА.

Режим работы транзистора T_4 устанавливают резистором R_{15}. Затем проверяют отсутствие самовозбуждения усилителя на границе высокочастотного участка рабочего диапазона и при наличии возбуждения на 20—50% увеличивают емкости конденсаторов C_{11}, C_{14}, C_{15}. При выходной мощности 10 Вт ток, потребляемый усилителем от источника питания, должен составлять 0,6 А, а напряжение на входе оконечного блока 1,5—1,8 В.

Предварительный блок усилителя при использовании исправных деталей начинает работать сразу после включения. Если индуктивность L_1 невелика, емкость конденсатора C_5 следует уменьшить до 50 мкФ, а последовательно с резистором $R_{8\text{-}1}$ включить резистор сопротивлением 100 Ом. Описанный усилитель может работать и в стереофоническом варианте.

Электромеханическая обратная связь в УНЧ

Радиолюбительские эксперименты последних лет показали, что электромеханическая обратная связь (ЭМОС) имеет ряд существенных преимуществ перед другими способами повышения качества звучания громкоговорителей. Эти преимущества прежде всего выражаются в возможности снижения объема и массы громкоговорителей при незначительном усложнении УНЧ и эффективном демпфировании диффузоров динамических головок на низших звуковых частотах. В журнале «Радио» неоднократно публиковались статьи по ЭМОС (см. 1970 г. № 5, 1971 г. № 3, 11). Однако практическая ее реализация, о которой рассказывалось в этих статьях, связана с большими трудностями. Дело в том, что необходимое для ЭМОС торможение диффузоров головок может их повредить, не говоря уже о том, что в головках с закрытым зазором звуковой катушки, таких как 6ГД-2, 4ГД-1 и т. п., оно вообще невозможно. Балансировка моста требует изменения зазора и числа витков катушки индуктивности, что заставляет по несколько раз собирать и разбирать головку. И наконец, самый неприятный момент: действие ЭМОС в том виде, как она предложена в указанных статьях, резко уменьшается с увеличением частоты.

Напряжение в измерительной диагонали моста ЭМОС можно определить по формуле

$$U_м \approx \frac{r}{R_0^2 + (\omega L_0)^2} e.$$

Зависимость $U_м$ от частоты выражена в этой формуле неявно, поскольку электродвижущая сила e также может зависеть от частоты.

Если считать, что амплитуда колебаний датчика ЭМОС обратно пропорциональна квадрату частоты, а его э. д. с. при постоянной амплитуде колебаний прямо пропорциональна частоте, то э. д. с. колебаний звуковой катушки головки обратно пропорциональна частоте, т. е.

$$U_м \approx \frac{r}{R_0^2 + Af^2} \frac{B}{f},$$

где A и B — коэффициенты, не зависящие от частоты. Эта зависимость иллюстрируется кривой *1* на рис. 3-17.

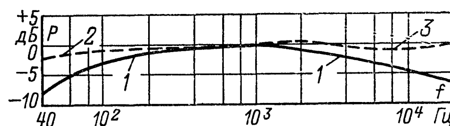


Рис. 3-17. Зависимость э. д. с. датчика от частоты.

Таким образом, чтобы получить достаточно эффективную ООС по всему частотному диапазону, необходимы дополнительные цепи коррекции. Такие цепи имеются и в усилителях, опубликованных в указанных номерах журнала «Радио».

Мост, сбалансированный на какой-либо одной частоте, окажется сбалансированным и на всех других частотах, так как сопротивление балансирующей индуктивности определяется только частотой. В балансировке моста участвуют два элемента — kR_0 и kL_0. Значит, изменяя kR_0, можно сбалансировать активную составляющую сопротивлений моста и на постоянном токе. Но можно

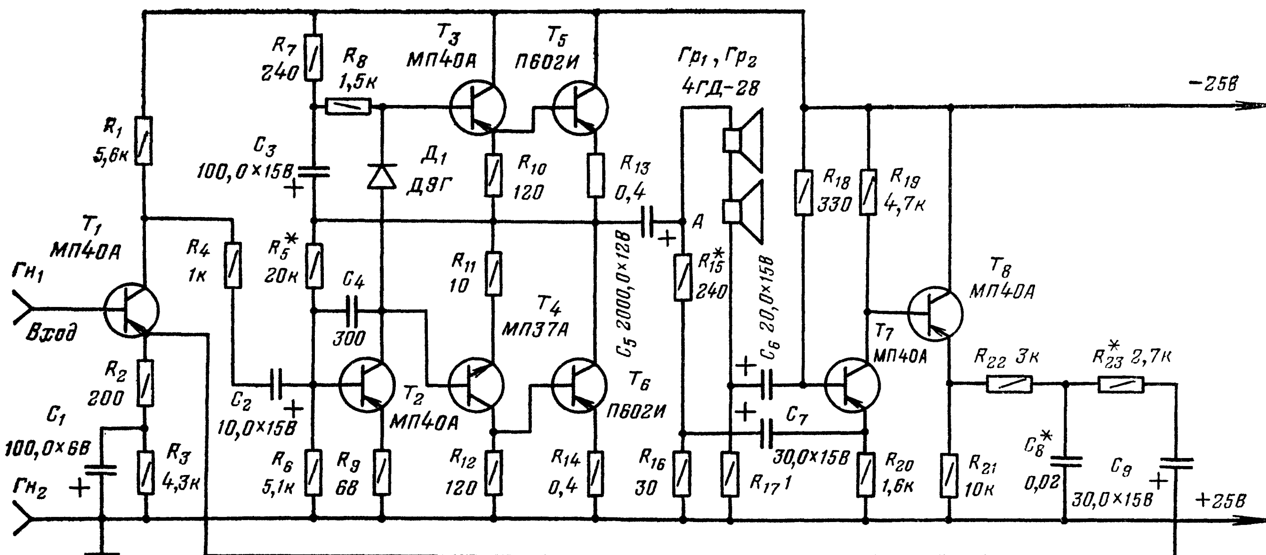


Рис. 3-18. Принципиальная схема усилителя с ЭМОС.

ли добиться баланса индуктивной составляющей сопротивления катушки, например динамической головки 4ГД-28, скажем, на ее резонансной частоте 60 Гц?

Модуль полного сопротивления звуковой катушки этой головки на частоте 1000 Гц 5 Ом, а ее активное сопротивление 4,5 Ом, значит, индуктивность звуковой катушки $L_0=0{,}35$ мГ. Принимая коэффициент плеч моста $k=30$, получим $kR_0=135$ Ом, а $kL_0=10{,}5$ мГ. Индуктивное сопротивление катушки на частоте 60 Гц равно $2\pi fkL_0=2\pi\cdot 60\cdot 10{,}5\cdot 10^{-3}=4$ Ом. По сравнению с kR_0 эта величина настолько мала, что, изменяя при балансировке индуктивность kL_0 в пределах 30%, мы все время будем оставаться в границах допуска резистора kR_0 и точности измерительного предела, т. е. 1—2%.

Следовательно, мост следует балансировать на другой частоте, на которой изменение индуктивности kL_0 (допустим в пределах тех же 30%) изменяло бы полное сопротивление плеча kL_0—kR_0 хотя бы на порядок выше точности прибора радиолюбителя, т. е. 20—25%. Такое изменение полного сопротивления для головки 4ГД-28 можно получить на частоте 3000 Гц, на которой ЭМОС уже перестает действовать.

Принимая во внимание это обстоятельство, а также назначение ЭМОС — глубокое демпфирование диффузоров головок в так называемом «поршневом» диапазоне — целесообразно вообще отказаться от такой балансировки, и ограничиться балансировкой моста по постоянному току. Следует также учесть, что в справочниках обычно нет полных данных об активном и полном сопротивлении головок, а измерить его может далеко не каждый радиолюбитель. По этой причине многие радиолюбители смогут оценить kL_0 очень приблизительно, а значит влияние индуктивности звуковой катушки головки не удастся сбалансировать. При слишком большой индуктивности напряжение измерительной диагонали моста будет синфазно с сигналом на входе усилителя, иными словами, обратная связь будет положительной. Если же kL_0 будет равна нулю при некоторой частоте сигнала, обратная связь станет отрицательной и тем более глубокой, чем выше частота. Напряжение этой обратной связи было измерено при заторможенных диффузорах головок (кривая *2* на рис. 3-17).

Таким образом, на входе усилителя будут сигналы двух обратных связей: в начале частотного диапазона — ЭМОС, а затем по мере роста частоты — ООС, вызванная разбалансировкой моста ЭМОС. Суммарное напряжение от действия обоих этих факторов представлено на рис. 3-17 (кривая *3*). Рост напряжения обратной связи с увеличением частоты требует введения коррекции. Но если в описанных ранее усилителях ЭМОС коррекция увеличивала обратную связь на высших частотах, то здесь она должна решать противоположную задачу — подавлять излишнюю обратную связь на этих частотах.

Радиолюбителем Б. Акиловым был сконструирован усилитель, при разработке которого были учтены все изложенные соображения. Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 3-18. Максимальная выходная мощность его 6 Вт, сопротивление нагрузки 10 Ом, полоса рабочих частот 40—20 000 Гц, коэффициент гармоник 0,5% при выходной мощности 5 Вт. Усилитель питается от стабилизированного источника напряжением 25 В; ток покоя 16 мА.

Схема УНЧ типовая, за исключением каскадов ЭМОС. В отличие от усилителей, описанных в журналах «Радио», 1970, № 5 и 1971, № 3, здесь нет катушки индуктивности. Чтобы не снижать к. п. д. усилителя, сопротивление резистора R_{17} принято равным 1 Ом. В цепь ЭМОС включен эмиттерный повторитель на транзисторе T_8. При налаживании усилителя, кроме обычной процедуры установки напряжения средней точки и тока покоя выходного каскада, следует сбалансировать мост ЭМОС и отрегулировать обратную связь по всему частотному диапазону. Балансировку производят при отключенном источнике питания. К точке *А* (рис. 3-18) присоединяют плюсовой вывод батареи 3336, а к общему проводу — минусовой. В другую диагональ моста включают миллиамперметр. Далее на место резистора R_{15} устанавливают цепочку из последовательно соединенных резисторов — переменного сопротивлением 680 Ом и постоянного сопротивлением 100 Ом. Перед балансировкой моста контрольный прибор устанавливают на предел измерения 150 мА, а после грубой подгонки его переключают на предел 150 мкА и переменным резистором устанавливают ток, равный нулю. Затем переменный и постоянный резисторы выпаивают и заменяют их одним резистором R_{15}, сопротивление которого должно равняться сумме сопротивлений от двух резисторов.

В заключение корректируют амплитудно-частотную характеристику усилителя по всему диапазону рабочих частот. Постоянные резисторы R_{22}, R_{23} заменяют одним

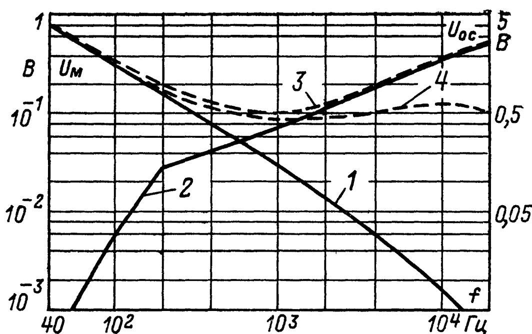


Рис. 3-19. Амплитудно-частотная характеристика усилителя.

переменным резистором, с помощью которого на частоте 1000 Гц устанавливают в точке *А* напряжение, обеспечивающее максимальную выходную мощность при заданных нелинейных искажениях. После этой процедуры переменный резистор заменяют двумя постоянными примерно одинакового сопротивления. Напряжение обратной связи в точке соединения резисторов R_{22}, R_{23} измеряют по всему частотному диапазону усилителя (кривая *3* на рис. 3-19). Одновременно снимают амплитудно-частотную характеристику усилителя (кривая *1* на рис. 3-17). Далее эту характеристику корректируют с целью компенсации ослабления усиления из-за электромеханической обратной связи.

Корректирующие цепи устанавливают в предварительном усилителе (на рис. 3-18 не показаны) так же, как в усилителях воспроизведения магнитофонов. Глубина коррекции 6 дБ на частоте 40 Гц (кривая *2* на рис. 3-19). Точка соединения резисторов R_{22}, R_{23} по высокой частоте заземлена через конденсатор C_8, емкость которого подобрана таким образом, чтобы на частоте 20 кГц получить усиление, близкое к усилению на частоте 1000 Гц (кривая *4* на рис. 3-19 и кривая *3* на рис. 3-17). Для более точной подгонки C_8 рекомендуется составить его из двух параллельно включенных конденсаторов (в описываемом усилителе C_8 состоит из двух конденсаторов емкостью 15 000 и 5100 пФ). Следует заметить, что равномерно скорректировать амплитудно-частотную характеристику в области частот 40 Гц — 20 кГц одним конденсатором C_8 затруднительно.

Стереофонические усилители

Подавляющее большинство выпускаемых в настоящее время промышленностью и конструируемых радиолюбителями высококачественных УНЧ — стереофонические. Причины столь широкого распространения стереофонической усилительной аппаратуры — в ее бесспорных преимуществах перед монофонической и, в частности, в ее способности обеспечить более высокое качество звучания. Вниманию читателей этого сборника предлагается два стереофонических усилителя с выходной мощностью 8 и 16 Вт. Усилители изготовлены московскими радиолюбителями О. Стрельцовым и С.Батем совместно с В. Срединским.

Свое знакомство с этими конструкциями начнем с более простого усилителя О. Стрельцова. Он (рис. 3-20) рассчитан на работу от микрофона, магнитофона, радиоприемника, пьезоэлектрического и электромагнитного звукоснимателей. Номинальная выходная мощность усилителя 8 Вт при работе на громкоговорители с общим сопротивлением звуковых катушек головок 6 Ом, коэффициент гармоник 0,5%. Полоса рабочих частот 25—30 000 Гц при неравномерности частотной характеристики 2 дБ. Регулировка тембра раздельная по высшим и низшим звуковым частотам. Глубина регулировки на частотах 75 Гц и 13 кГц±10 дБ. Переходное затухание между каналами на частоте 1 кГц составляет 40 дБ. Чувствительность усилителя со входа микрофона 0,5 мВ ($R_{вх}$=200 Ом), электромагнитного звукоснимателя 2,5 мВ ($R_{вх}$=68 кОм), пьезоэлектрического звукоснимателя 180 мВ ($R_{вх}$=2 МОм), радиоприемника 500 мВ ($R_{вх}$=4 МОм) и со входа магнитофона 500 мВ ($R_{вх}$=100 кОм). Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 и 127 В. Мощность, потребляемая от сети, 8 Вт в режиме холостого хода и 35 Вт при номинальной выходной мощности. Размеры усилителя (без громкоговорителей) 330×225×55 мм, масса около 2 кг.

Принципиальная схема одного канала усилителя приведена на рис. 3-21. Предварительный усилитель коррекции сигналов микрофона и электромагнитного звукоснимателя выполнен на транзисторах T_1, T_2. При работе от электромагнитного звукоснимателя резисторы R_6, R_7 через контакты переключателя $B_{1а}$ соединены с конденсаторами C_3, C_4, а при работе от микрофона эта цепь разрывается. В результате амплитудно-частотная характеристика предварительного усилителя изменяется. Стандартная для динамических микрофонов нагрузка 200 Ом обеспечивается резистором R_1, который через контакты переключателя $B_{1б}$ включается на вход усилителя при работе его от микрофона.

С выхода предварительного усилителя — корректора через контакты переключателя $B_{1д}$ сигнал поступает на вход каскада на полевом транзисторе T_3. Входное сопротивление этого каскада около 2 МОм, и он может работать от пьезоэлектрического звукоснимателя. При этом выходной сигнал с предварительного усилителя никуда не подается, а вход каскада на полевом транзисторе через контакты переключателя $B_{1д}$ соединяется с разъемом $Ш_2$. На этот же разъем можно подавать сигналы с линейных выходов магнитофонов и радиоприемников.

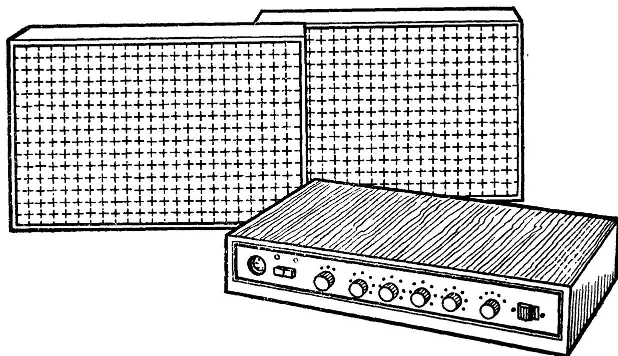


Рис. 3-20. Внешний вид усилителя и громкоговорителей.

Функции регулятора громкости выполняет переменный резистор R_{18}, спаренный с аналогичным регулятором во втором канале усилителя. Регулятор баланса R_{21} — общий для обоих каналов. С цепи R_{19}—R_{21}, работающей как переменный делитель напряжения, через конденсатор C_9 сигнал поступает на вход оконечного усилителя, собранного на транзисторах T_4—T_9.

Два первых каскада оконечного усилителя выполнены на транзисторах T_4—T_5. Оба они охвачены ООС по переменному и постоянному току. Напряжение обратной связи по постоянному току снимается с резистора R_{23} и через резистор R_{22} подается на базу транзистора T_4. Напряжение обратной связи по переменному току снимается с эмиттера и коллектора транзистора T_5. Напря-

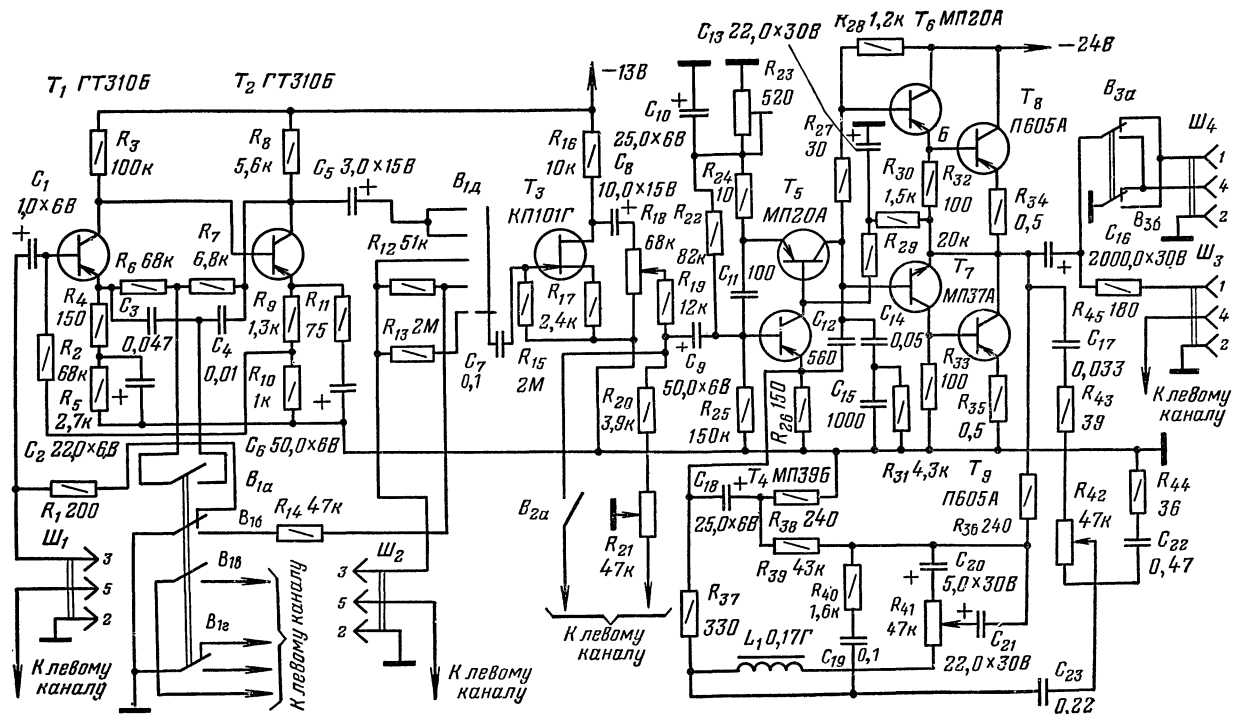


Рис. 3-21. Принципиальная схема одного канала усилителя.

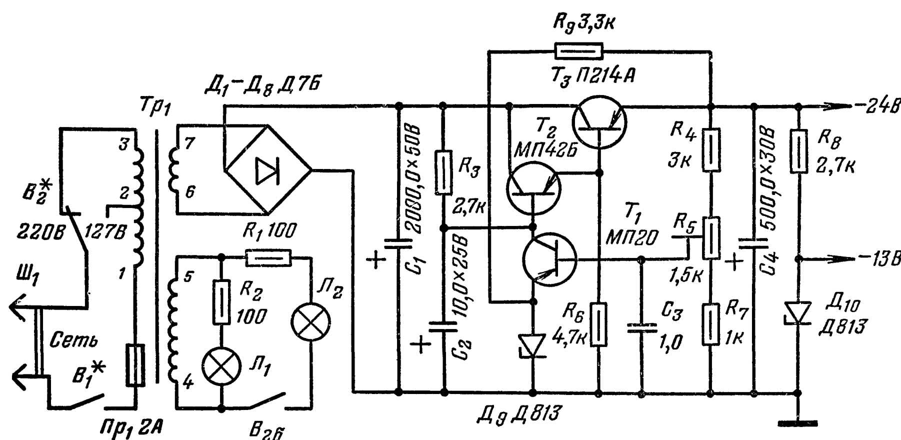


Рис. 3-22. Принципиальная схема источника питания.

жение с эмиттера через конденсатор C_{11} поступает на базу транзистора T_4, а с коллектора через конденсатор C_{12} — на эмиттер транзистора T_4. Цепь $C_{14}C_{15}R_{31}$, включенная параллельно эмиттерной цепи транзистора T_4, придает амплитудно-частотной характеристике усилителя такую форму, которая требуется для нормальной работы регулятора тембра. Тембр низших частот регулируется переменным резистором R_{41}, а высших — R_{42}.

Фазоинверсный каскад собран на транзисторах T_6, T_7 различной структуры и непосредственно связан с каскадом на транзисторе T_5. Выходной каскад усилителя выполнен по двухтактной схеме на транзисторах T_8, T_9. Он работает в режиме АВ.

Питание на транзистор T_4 подается со средней точки выходного каскада через резисторы R_{29} и R_{30}. Это стабилизирует работу всего выходного каскада.

Акустическая система усилителя состоит из двух громкоговорителей, в каждом из которых установлено две головки: 4ГД-4 и 3ГД-15. Последняя подключена параллельно 4ГД-4 через конденсатор емкостью 3 мкФ. Размеры громкоговорителя 330×225×120 мм. К выходу усилителя акустическая система подключается через конденсатор C_{16} и контакты переключателя $B_{3а}$ и $B_{3б}$. Переключатель B_3 имеет три положения: два служат для изменения фазировки акустической системы, а в третьем — акустические системы отключаются и передачи прослушиваются через головные стереофонические телефоны, присоединяемые к разъему $Ш_3$. Выходной сигнал на головные телефоны подается постоянно через резистор R_{45}.

Усилитель питается от стабилизированного источника питания (рис. 3-22). Стабилизатор собран на транзисторах T_1—T_3. Напряжение на него подается со вторичной обмотки трансформатора питания через выпрямитель на диодах $Д_1$—$Д_8$. Предварительный усилитель питается от стабилитрона $Д_{10}$. Сигнальные лампы $Л_1$ и $Л_2$ служат для индикации включения усилителя и указания режима работы, который устанавливается переключателем B_2. В режиме «Стерео» горят обе лампы— контакты переключателя $B_{2б}$ замкнуты, в режиме «Моно» горит лампа $Л_1$ — контакты $B_{2б}$ разомкнуты, а контакты $B_{2а}$ (рис. 3-21) замкнуты и объединяют сигнальные цепи каналов в точках соединения резисторов R_{19}, R_{20}.

Усилитель собран на пяти печатных платах. Предварительный усилитель и каскад на полевом транзисторе собраны на плате *1* (рис. 3-23), выходные каскады на двух одинаковых платах *2* (рис. 3-24), стабилизатор, кроме транзистора T_3, смонтирован на плате *3* (рис. 3-25), а выпрямитель — на плате 4 (рис. 3-26). Все узлы и элементы усилителя установлены на основании размером 320×220 мм из листового текстолита толщиной 3 мм (рис. 3-27). Платы стабилизатора и выпрямителя установлены на общем кронштейне, согнутом из дюралюминия толщиной 2 мм. Он же служит радиатором для транзистора T_3. Выходные транзисторы T_8 и T_9 размещены на отдельных радиаторах.

На передней панели усилителя установлены переменные резисторы регуляторов громкости, баланса и тембров, переключатели режима и рода работы B_1 и B_2, выходной разъем для подключения телефонов, выключатель питания и сигнальные лампочки. На отдельном кронштейне укреплены входные разъемы $Ш_1$ и $Ш_2$ и переключатель напряжения сети с предохранителем. Трансформатор питания намотан на магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка *1-2* содержит 1050 витков провода ПЭВ-1 0,15, *2-3* — 750 витков провода ПЭВ-1 0,11 *4-5* — 30 витков провода ПЭВ-1 0,17 и *6-7* — 200 витков провода ПЭВ-1 0,31. Катушка L_1 намотана на тороидальном сердечнике типоразмер К20×12×6 мм из феррита 2000НН и содержит 300 витков провода ПЭВ-1 0,2.

Налаживание усилителя следует начинать с проверки работы стабилизатора питания. Для этого необходимо предварительно отключить от него нагрузку. При напряжении на входе стабилизатора 35 В изменение положения движка переменного резистора R_5 должно менять напряжение на его выходе в пределах от 18 до 30 В. Установив на выходе стабилизатора напряжение

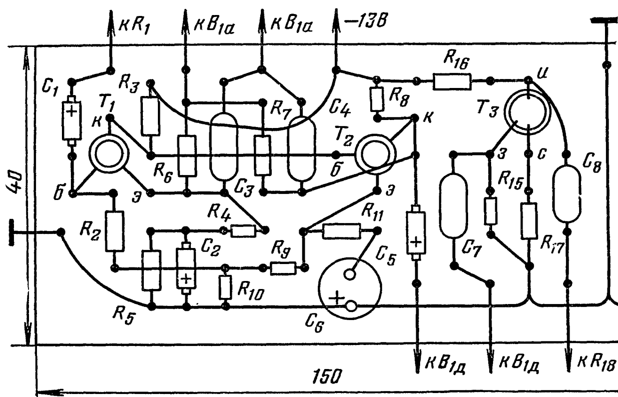


Рис. 3-23. Монтажная плата предварительного усилителя.

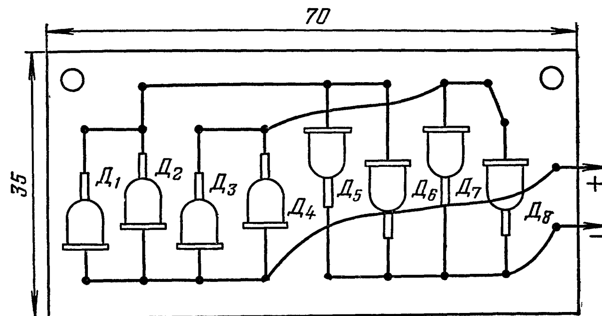


Рис. 3-26. Монтажная плата выпрямителя.

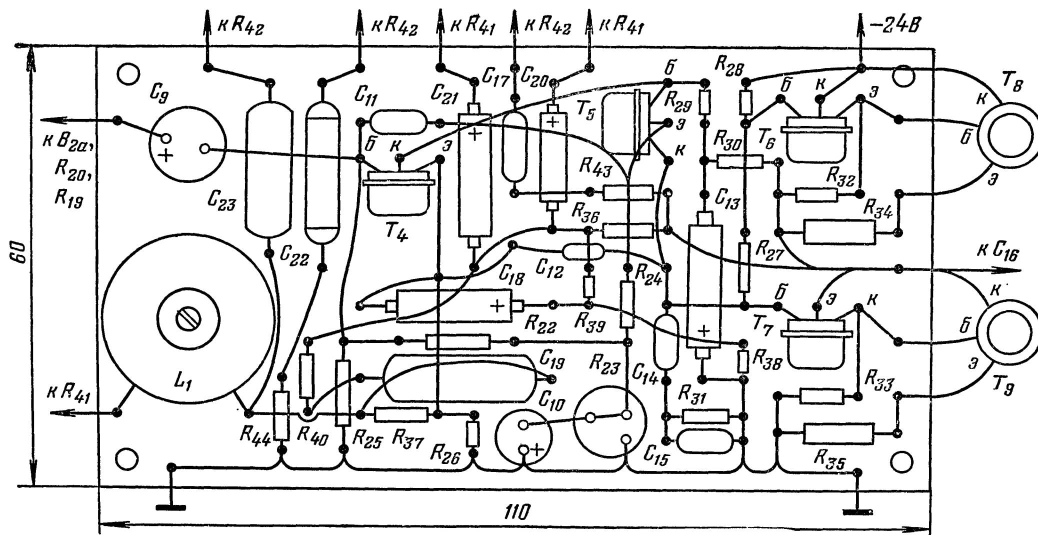


Рис. 3-24. Монтажная плата оконечного усилителя.

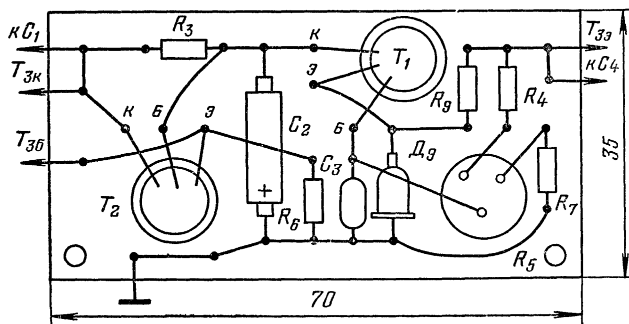


Рис. 3-25. Монтажная плата стабилизатора.

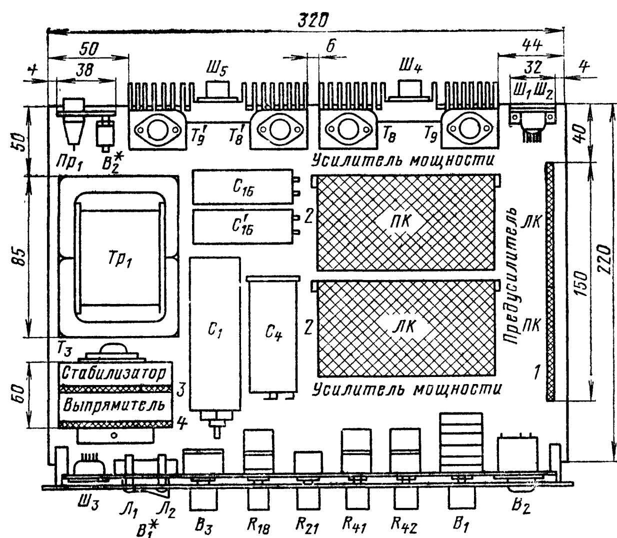


Рис. 3-27. Размещение основных узлов усилителя на общем основании.

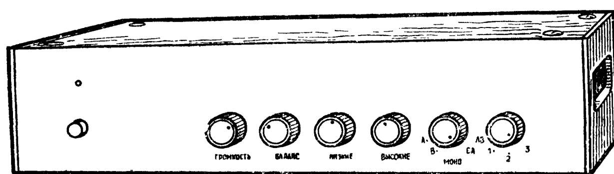


Рис. 3-28. Внешний вид усилителя.

24 В, нужно проверить, сохраняется ли оно под нагрузкой до 1 А. Для этого к выходу стабилизатора подключают резистор сопротивлением 25—30 Ом и мощностью 10 Вт. После этого подают питание на выходные каскады и подстроечным резистором R_{23} устанавливают примерно половину напряжения питания в их средней точке. Ток, потребляемый каждым каналом усилителя, не должен превышать 50 мА.

Далее проверяют напряжение на стабилитроне $Д_{10}$, и если оно оказывается равным —13 В, подают питание на транзисторы предварительного усилителя и полевой транзистор.

Режимы транзисторов должны соответствовать указанным на принципиальной схеме. Качество работы усилителя проверяют, подавая на его вход сигнал с низкочастотного генератора и наблюдая форму выходного напряжения на экране осциллографа. При возникновении искажений типа «ступенька» их устраняют, подбирая сопротивления резисторов R_{27} и R_{28}. В заключение проверяют частотную характеристику усилителя, работу регуляторов тембра и баланса и измеряют чувствительность со всех входов.

Усилитель С. Батя и В. Срединского (рис. 3-28) может работать от стереофонического звукоснимателя, радиоприемника, магнитофона и радиотрансляционной линии («Радио», 1974, № 6, с. 26—29). Выходная мощность усилителя на нагрузке 4 Ом — 2×16 Вт при коэффициенте гармоник на частоте 1 кГц не более 0,5%. Чувствительность его с различных входов 0,25, 0,5 и 0,75 В. Диапазон рабочих частот 20—20 000 Гц при неравномерности амплитудно-частотной характеристики 2 дБ. Регулировка тембра раздельная по низшим и высшим звуковым частотам с глубиной регулировки на частотах 30 и 15 000 Гц±16 дБ. Глубина регулировки стереобаланса 6 дБ. Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 3-29. Поскольку усилитель имеет два идентичных канала, будем рассматривать принципиальную схему только правого канала, элементы которого имеют четные номера.

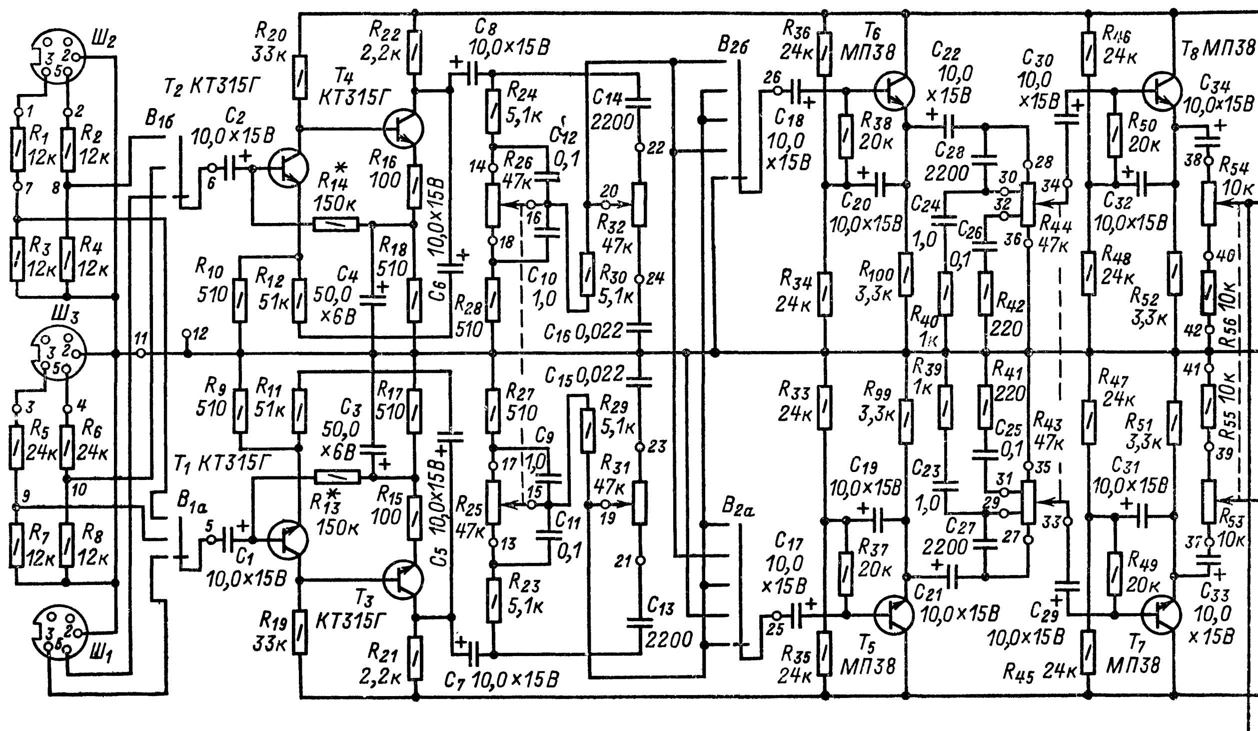
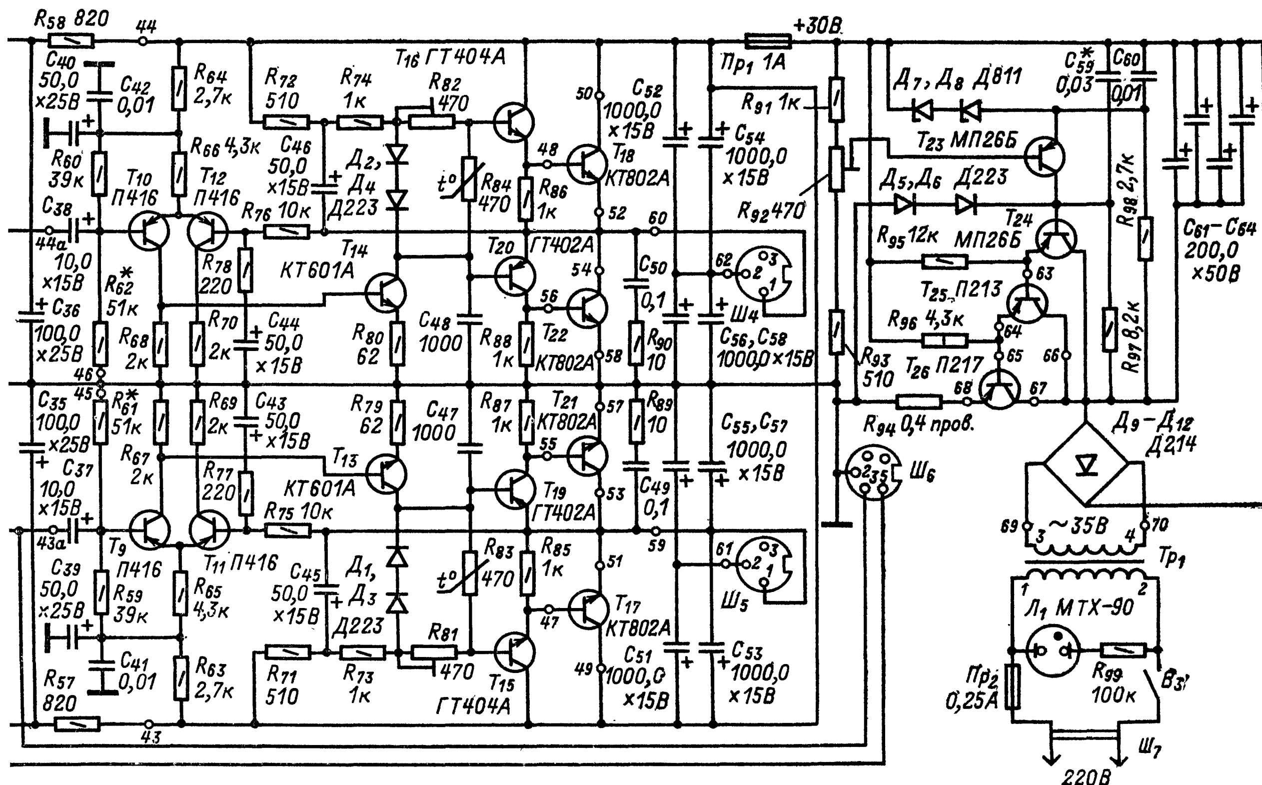


Рис. 3-29. Принципиальная схема одного канала усилителя.

Усилитель состоит из каскадов предварительного усиления и усилителя мощности. При работе усилителя сигнал с одного из входных разъемов $Ш_1$ (0,25 В), $Ш_2$ (0,5 В) или $Ш_3$ (0,75 В) поступает на делители напряжения R_1—R_8 и далее через переключатель программ $В_1$ на двухкаскадный предварительный усилитель на транзисторах $Т_2$, $Т_4$. Оба каскада охвачены глубокой ООС. Обратная связь позволила сделать коэффициент передачи практически независимым от разброса параметров транзисторов, свести к минимуму нелинейные искажения и снизить выходное сопротивление предварительного усилителя. Последнее положительно сказалось на работе мостового регулятора тембра низших и высших звуковых частот, потому что регуляторы этого типа обеспечивают оптимальные параметры только при работе от источника сигнала с низким выходным сопротивлением. В то же время сам мостовой регулятор тембра должен быть нагружен на каскад с высоким входным сопротивлением. По этой причине следующий за ним каскад усилителя выполнен по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе $Т_6$. Сигнал на него поступает через переключатель режимов работы $В_2$. Верхнее по схеме положение переключателя соответствует режиму воспроизведения стереофонических программ от источников со стандартной разводкой каналов на входном разъеме. Следующее положение позволяет поменять местами сигналы в каналах усилителя при работе от источников программ с нестандартной разводкой по каналам. В третьем положении оба канала воспроизводят монофонический сигнал и, наконец, в четвертом и пятом положениях можно прослушивать работу отдельно правого и левого каналов.

Эмиттерный повторитель на транзисторе $Т_6$ нагружен на тонкомпенсированный регулятор громкости R_{44}, который, в свою очередь, через конденсатор $С_{30}$ подключен ко второму эмиттерному повторителю, выполненному на транзисторе $Т_8$. Параллельно нагрузке этого транзистора включен регулятор стереобаланса — сдвоенный переменный резистор R_{54}-R_{53}. Этот регулятор работает таким образом, что в крайних положениях движков в одном канале коэффициент передачи максимален, а в другом минимален. В среднем положении движков коэффициенты передачи каналов одинаковы. С регулятора стереобаланса сигнал поступает на разъем $Ш_6$ для перезаписи на магнитофон и на четырехкаскадный оконечный усилитель. Первый каскад его собран на транзисторах $Т_{10}$, $Т_{12}$ по схеме дифференциального усилителя. Входной сигнал поступает на базу транзистора $Т_{10}$, а сигнал обратной связи — на базу транзистора $Т_{12}$. Остальные каскады оконечного усилителя собраны на транзисторах $Т_{14}$, $Т_{16}$, $Т_{18}$, $Т_{20}$ и $Т_{22}$ по бестрансформаторной схеме. Дифференциальный каскад позволил получить хорошую стабилизацию оконечного усилителя по постоянному току. Дополнительно стабилизировать начальный ток оконечного каскада позволила параметрическая температурная стабилизация. Напряжение смещения оконечного каскада снимается с терморезистора R_{84} с отрицательным температурным коэффициентом. Начальный ток смещения оконечных транзисторов устанавливается резистором R_{82}. Конденсатор $С_{48}$ и демпфирующая цепь $R_{90}C_{50}$ устраняют возможность самовозбуждения усилителя на высоких частотах.

Питается усилитель от электронного стабилизатора напряжения с устройством защиты оконечного усилителя от кратковременных перегрузок при коротких замыканиях в нагрузке. При увеличении потребляемого тока падение напряжения на резисторе R_{94} растет. Когда этот ток достигнет 2 А, сумма падений напряжений на резисторе R_{94} и эмиттерных переходах транзисторов $Т_{24}$, $Т_{25}$, $Т_{26}$ превысит напряжение отпирания диодов $Д_5$—$Д_6$. В результате прямое сопротивление этих диодов резко уменьшится и будет шунтировать базовую цепь транзистора $Т_{24}$, препятствуя увеличению его базового тока и тока, потребляемого от стабилизатора. Для защиты оконечных транзисторов при длительных коротких замыканиях в нагрузке имеется плавкий предохранитель $Пр_1$ на ток 1 А.



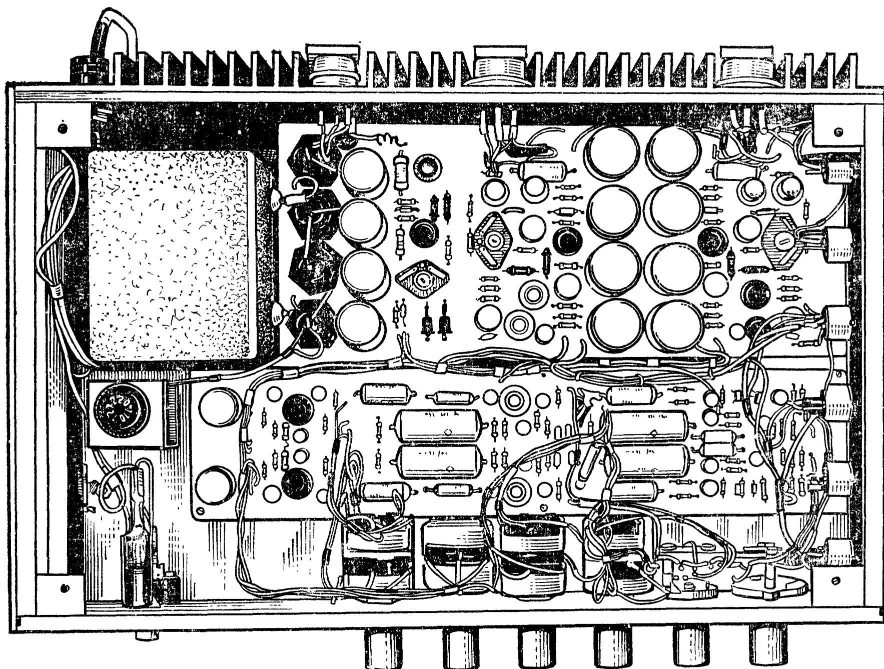


Рис. 3-30. Вид на монтаж усилителя.

Усилитель смонтирован на двух платах (рис. 3-30). На первой размещены детали предварительного усилителя, а на второй — оконечного усилителя, выпрямителя и стабилизатора.

В усилителе используются постоянные резисторы МЛТ-0,25. Переменный резистор для регулировки громкости СП3-7б-В с двумя дополнительными отводами, переменные резисторы регулировки тембра СП3-7а-В или СП3-12е-В, стереобаланса — СП-III-0,5-А. Переключатели B_1, B_2 — малогабаритные галетные ПМ. Конденсаторы К50-6, терморезистор ММТ-13. Трансформатор питания выполнен на магнитопроводе Ш26×30. Обмотка *1-2* содержит 1268, а *3-4* — 202 витка провода ПЭВ-1 0,6.

Корпус усилителя изготовлен из дюралюминия Д16-Т. Задняя стенка его одновременно является радиатором мощных транзисторов. На ней установлены выходные транзисторы КТ802А и транзисторы стабилизатора напряжения П213 и П217. Корпуса транзисторов изолированы от радиаторов слюдяными прокладками.

Налаживание усилителя рекомендуется начинать с электронного стабилизатора, регулировка которого сводится к установке подстроечным резистором R_{92} выходного напряжения 30 В. Далее желательно проверить отсутствие самовозбуждения стабилизатора на высоких частотах (50—150 кГц). Для этого к его зажимам следует подключить осциллограф и при обнаружении возбуждения увеличить емкость конденсатора C_{59}. Затем проверяют работу стабилизатора под нагрузкой, подключив к его выходу резистор сопротивлением 30 Ом на мощность не менее 30 Вт и контролируя милливольтметром уровень пульсаций выходного напряжения. При токе 1 А этот уровень не должен превышать 50 мВ.

Далее, установив движок резистора R_{92} в положение максимального сопротивления, подают питание на оконечный усилитель и авометром измеряют напряжение на коллекторе транзистора T_{22}. Оно должно быть равно половине напряжения питания, т. е. 15 В. При существенном отклонении напряжения на коллекторе T_{22} от этого значения следует отрегулировать режим усилителя по постоянному току, изменив сопротивление резистора R_{62}. При увеличении сопротивления этого резистора напряжение на коллекторе транзистора T_{22} возрастает, а при уменьшении — падает. Установив указанное напряжение в пределах 15±0,5 В, приступают к регулировке смещения транзисторов оконечного усилителя. Для этого в коллекторную цепь транзистора T_{18} включают авометр, установленный на ток полного отклонения 100 мА, и, уменьшая сопротивление резистора R_{82}, устанавливают коллекторный ток T_9 около 30—50 мА. Окончательную проверку оконечного усилителя производят, подключив к его выходу резистор сопротивлением 4 Ом и мощностью 20 Вт. При подаче на вход сигнала звукового генератора напряжением 250 мВ усилитель должен развивать выходную мощность 8,5 Вт. При необходимости чувствительность оконечного усилителя можно повысить, уменьшив сопротивление резистора R_{78}.

При регулировке предварительного усилителя прежде всего устанавливают режимы транзисторов T_2 и T_4 по постоянному току. Для этого к коллектору транзистора T_4 подключают авометр и подбирают сопротивление резистора R_{14} так, чтобы на коллекторе транзистора T_4 установилось напряжение 11,5 В. При этом напряжения на эмиттерах транзисторов T_6, T_8 должны быть в пределах 10±2 В. Работу регуляторов тембра можно проверить, сняв амплитудно-частотные характеристики усилителя в крайних и средних положениях движков резисторов R_{26} и R_{32}. Для этого входной сигнал подают на базу транзистора T_2, а выходной контролируют на эмиттере транзистора T_8. Регулятор громкости следует установить в положение максимальной громкости, а регулятор стереобаланса в среднее положение. Входное напряжение на базе транзистора T_2 не должно превышать 250 мВ. После снятия амплитудно-частотной характеристики, следует проверить сквозной коэффициент передачи с базы транзистора T_2 на эмиттер транзистора T_8. При подаче на базу транзистора T_2 напряжения 200 мВ частотой 1 кГц на эмиттере транзистора T_8 должно быть неискаженное напряжение не менее 200 мВ. При регулировке предварительного усилителя вход оконечного усилителя рекомендуется отключить.

Высокочастотный громкоговоритель с круговой диаграммой направленности

Острая характеристика направленности современных динамических головок прямого излучения в области высших звуковых частот значительно сужает зону стереоэффекта при использовании их в стереофонических акустических системах. Для расширения зоны стереоэффекта многие радиолюбители устанавливают головки стереоусилителя в углах комнаты (рис. 3-31). Однако, как показала практика последних лет, зону стереоэффекта можно еще более расширить, используя громкоговорители с круговой диаграммой направленности. В материалах иностранной печати имеются сообщения, что использование таких громкоговорителей позволяет полу-

чить удовлетворительный стереоэффект даже в салоне легкового автомобиля.

Два высокочастотных громкоговорителя с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости были предложены московским радиолюбителем Г. Сте-

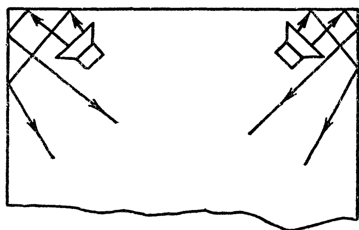


Рис. 3-31. Размещение громкоговорителей по углам комнаты.

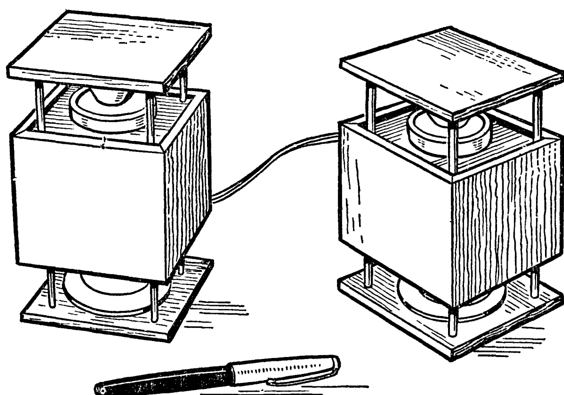


Рис. 3-32. Внешний вид громкоговорителей.

пановым. В его конструкции (рис. 3-32) используются динамические головки 1ГД-3РРЗ со следующими основными параметрами: среднее стандартное звуковое давление 0,3 Па, собственная частота механического резонанса 4,5±1 кГц, модуль полного электрического сопротивления 12,5 Ом, номинальная мощность 1 Вт, диапазон рабочих частот 5—18 кГц.

При работе громкоговорителя (рис. 3-33) сферический фронт звуковой волны от головки *1* (на рисунке дан разрез диффузора головки) попадает на рассеивающую линзу *2*. Отраженные от линзы звуковые колебания имеют круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. Образующая линзы рассчитана таким образом, что в вертикальной плоскости повторяется характеристика направленности самой головки, а для увеличения звукового давления и расширения характеристики направленности громкоговорителя в этой плоскости в нем используются две головки.

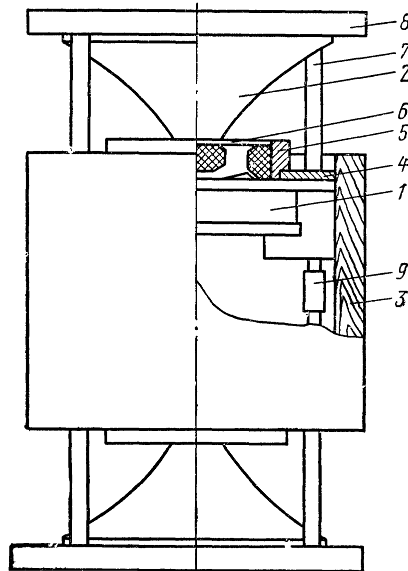


Рис. 3-33. Общий вид громкоговорителя.

1 — головка; *2* — акустическая линза; *3* — корпус; *4* — пластина из дюралюминия; *5* — кольцо; *6* — капроновая сетка; *7* — стойки; *8* — основание; *9* — муфты.

Сборку громкоговорителя рекомендуется производить в следующем порядке. Головку *1* с декоративной

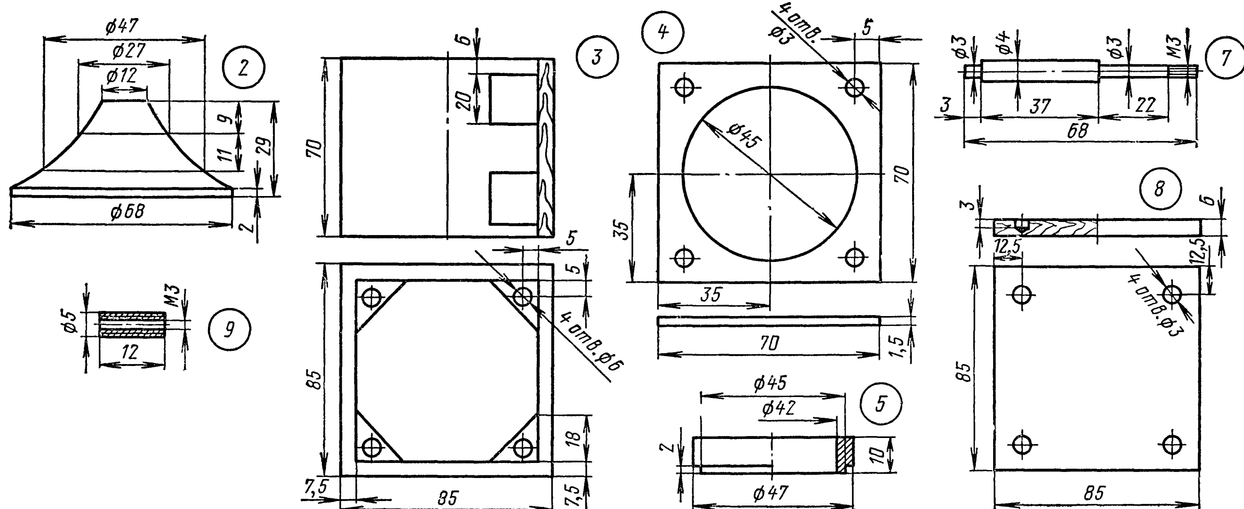


Рис. 3-34. Эскизы деталей громкоговорителя.

сеткой *6*, защищающей ее от пыли, следует приклеить к пластине *4* и запрессованному в нее кольцу *5*, а затем весь узел с помощью стоек *7* прикрепить к корпусу *3*. Стойки держат также основание *8* с приклеенными к нему линзами *2* (*9* — муфты). Эскизы деталей громкоговорителя показаны на рис. 3-34. Корпус *3* и основание *8* изготовлены из дерева и фанерованы (можно оклеить пластиковой пленкой, имитирующей ценные породы дерева). Остальные детали изготовлены из алюминия, наружные поверхности их отполированы.

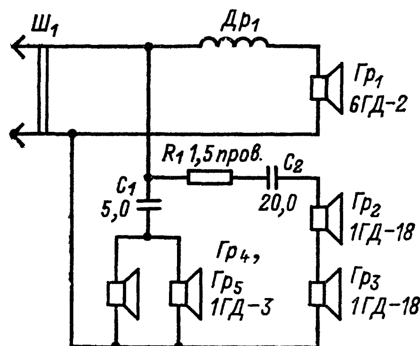


Рис. 3-35. Схема подключения громкоговорителя к стереофоническому усилителю магнитофона «Яуза-10».

Электрическое включение высокочастотного громкоговорителя определяется параметрами усилителя и низкочастотной головки. Схема подключения его к стереофоническому усилителю магнитофона «Яуза-10» с одной низкочастотной головкой показана на рис. 3-35. Для однополосных усилителей с выходной мощностью 1—5 Вт можно рекомендовать вариант включения, показанный на рис. 3-36. Дроссели в обоих случаях намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 25 мм, ширина намотки 30 мм. Дроссель в стереофоническом варианте содержит 100, а в монофоническом — 150 витков провода ПЭВ-2 1,04.

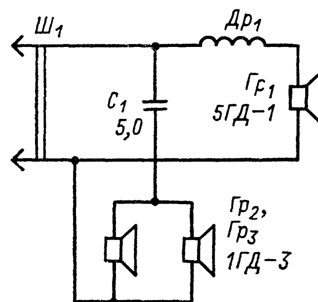


Рис. 3-36. Схема подключения громкоговорителей к однополосному усилителю.

Радиолюбителям, решившим построить описанную конструкцию, следует иметь в виду, что ее применение целесообразно лишь в том случае, если УНЧ имеет полосу рабочих частот более 8—10 кГц. При меньшей полосе ее применение не оправдано и малоэффективно.

Стереофонические головные телефоны

В последние годы в технике высококачественного звуковоспроизведения для прослушивания стереофонических программ все чаще используют головные телефоны. Они обеспечивают довольно широкую полосу рабочих частот и позволяют значительно расширить динамический диапазон прослушиваемой программы в результате получения больших уровней громкости и ввиду отсутствия влияния посторонних шумов и акустики помещения на качество звучания. Создается иллюзия нахождения слушателя между двумя источниками звука, а пространственная и звуковая картина получается более полной и яркой. Головные телефоны, кроме того, создают четко выраженный бинауральный эффект, или иными словами, левое ухо не слышит ничего исходящего из правого канала, и наоборот. При прослушивании передач с помощью головных телефонов локализация определяется только расположением микрофонов при записи или непосредственной передаче. Это также придает звучанию специфическую окраску. К достоинствам телефонов относится также возможность слушать передачу, не мешая окружающим, и их сравнительно невысокая стоимость. Наша промышленность в настоящее время выпускает стереофонические головные телефоны, однако приобрести их удается далеко не всегда, а потому интерес радиолюбителей к их самостоятельному изготовлению велик.

В публикуемой статье описаны две конструкции любительских стереофонических телефонов: на базе электродинамической головки 0,5 ГД-20 и на базе микрофона МД-47. Первые телефоны сконструированы радиолюбителем В. Скляровым, а вторые В. Шатухом.

Внешний вид телефонов В. Склярова показан на рис. 3-37, а их устройство поясняется рис. 3-38, где приводится схематический разрез корпуса одного телефона и эскизы его деталей.

Излучателем телефонов служит головка 0,5 ГД-20, резонансная частота которой снижена с 300—350 до 100—90 Гц. При переделке вначале удаляют картонное кольцо, приклеенное по краю диффузородержателя головки, и отпаивают от выводных контактов гибкие соединительные проводники. После этого маникюрными ножницами или бритвой срезают гофр — подвес диффузора, удаляют центрирующую шайбу и осторожно извлекают диффузор со звуковой катушкой. Теперь необходимо изготовить заменяющее гофр кольцо-подвес, центрирующую шайбу, высокочастотный конус и уплотнительное кольцо. Кольцо-подвес изготавливают из эластичной резины толщиной 0,2—0,3 мм. Внешний диаметр кольца 79 мм, внутренний 52 мм. Центрирующую шайбу выдавливают из фильтровальной или промокательной бумаги толщиной 0,15—0,25 мм при помощи матрицы *1* (рис. 3-39). Смоченную водой бумагу кладут на мягкую резину, прижимают к матрице и дают высохнуть. После высыхания центрирующую шайбу обрезают по внешнему диаметру матрицы и, вынув из нее, пропитывают обычным резиновым клеем, разведенным в бензине в пропорции 1 : 1. Высокочастотный конус *12* (рис. 3-38) склеивают из плотной бумаги толщиной 0,15—0,2 мм, после чего пропитывают клеем БФ-2. Уплотнительное кольцо вырезают из микропористой резины толщиной 4—6 мм, внешний диаметр кольца 79 мм, внутренний 72 мм.

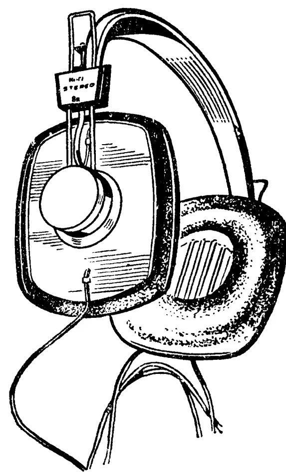


Рис. 3-37. Внешний вид стереофонических телефонов на базе головок 0,5ГД-20.

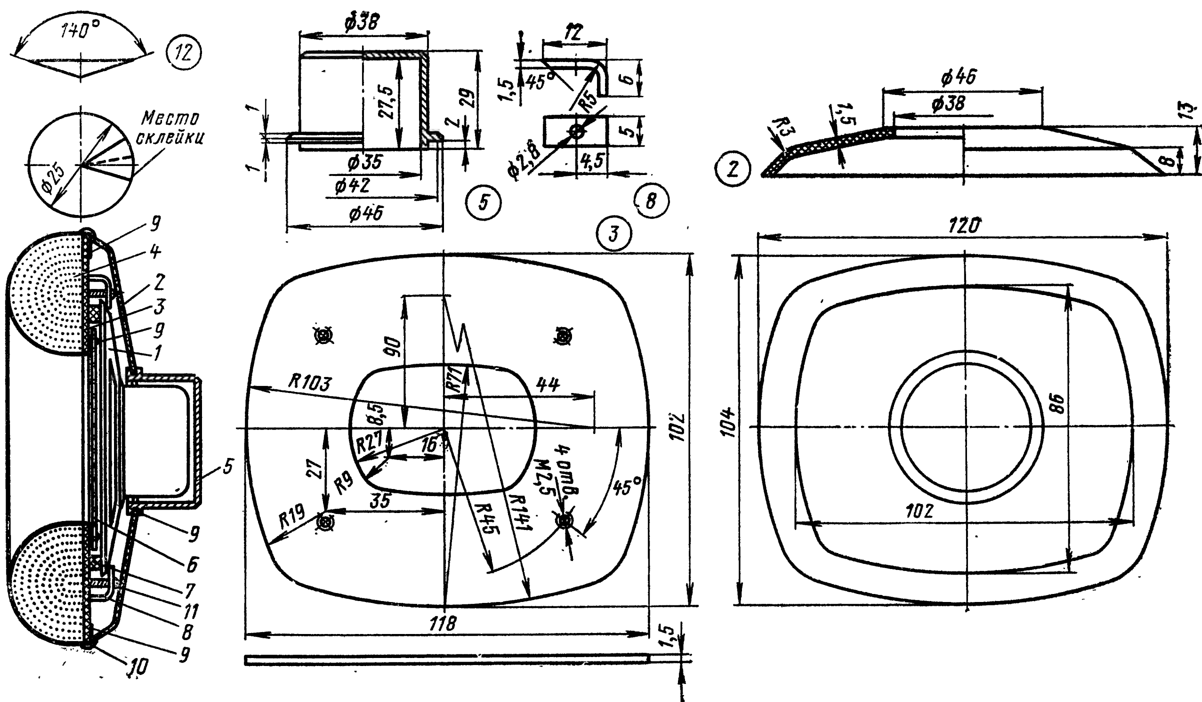


Рис. 3-38. Конструкция и детали телефонов.

1 — излучатель; *2* — корпус; *3* — каркас амбушюра; *4* — амбушюр; *5* — крышка корпуса; *6* — декоративная решетка; *7* — уплотнительное кольцо; *8* — уголки крепления излучателя; *9* — место склейки; *10* — декоративная окантовка; *11* — винты М2,5×10, 4 шт.; *12* — высокочастотный конус.

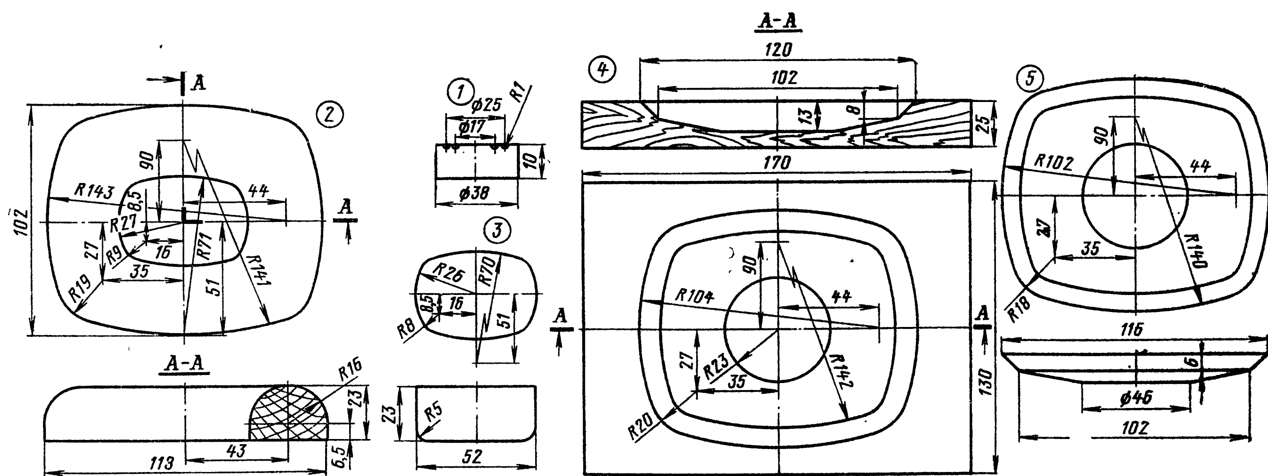


Рис. 3-39. Эскизы приспособления для изготовления телефонов.

1 — матрица для изготовления центрирующей шайбы, текстолит; *2* — модель амбушюра, дерево; *3* — пуансон, дерево; *4* — матрица для штамповки коробки, дерево; *5* — пуансон для штамповки коробки корпуса, дерево.

При сборке излучателя к звуковой катушке клеем БФ-2 приклеивают новую центрирующую шайбу, а к краю диффузора клеем 88 — резиновое кольцо-подвес. Затем, смазав края центрирующей шайбы клеем БФ-2, вводят звуковую катушку и приклеивают шайбу к диффузородержателю. После этого, равномерно растянув резиновое кольцо-подвес, клеем 88 его приклеивают к диффузородержателю. На подвес наклеивают уплотнительное кольцо, и наконец, клеем БФ-2 к звуковой катушке приклеивают бумажный конус *12*. Затем излучатель подключают к ГНЧ и проверяют отсутствие дребезжания и призвуков.

Удобство эксплуатации телефонов, воспроизведение ими низких звуковых частот в большой степени зависит от конструкции амбушюров. Внешняя поверхность их выполнена из искусственной кожи. Требуемую поверхность подушке придают с помощью деревянной модели—матрицы *2*. Углубление в ней следует вырезать лобзиком, а вырезанную часть формы использовать в качестве пуансона *3*. После этого из искусственной кожи вырезают прямоугольник размером 180×160 мм, удаляют трикотажную подкладку и, закрепив заготовку с нижней стороны кнопками, равномерно натягивают ее на матрицу. Затем, нагрев изделие до 60—80° С, в матрицу акку-

ратно вдавливают пуансон и выдерживают его в таком положении до полного остывания. После этого кнопки и пуансон удаляют, а кожу снимают с модели. Далее на каркас из гетинакса *3* клеем 88 приклеивают поролон и ножницами придают ему форму подушки амбушюра. Затем поверх поролона натягивают кожу и клеем БФ-2 приклеивают к каркасу снизу сначала по внешнему, а потом по внутреннему периметру. Декоративную решетку *6* используют от карманных приемников. Ее приклеивают к каркасу, когда амбушюры уже готовы.

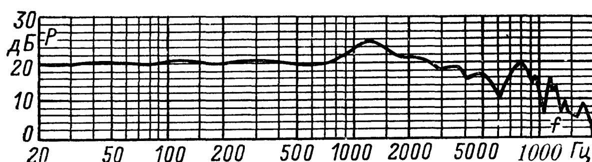


Рис. 3-40. Частотная характеристика телефонов.

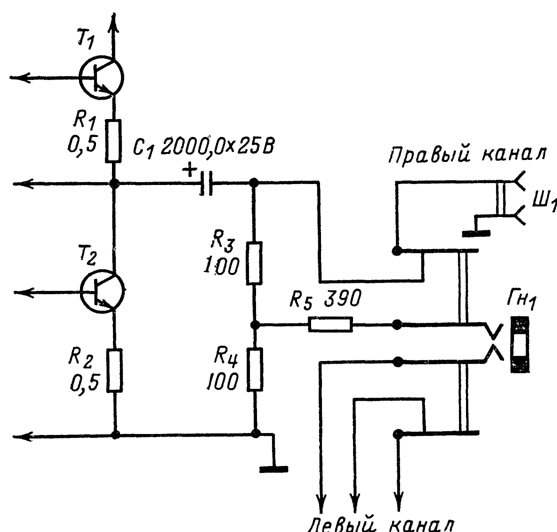


Рис. 3-41. Делитель для подключения телефонов к выходу усилителя мощности.

Корпус телефона (рис. 3-38) состоит из пластмассовой коробки *2* и дюралюминиевой крышки *5*. Коробку штампуют из любой термопластичной пластмассы или органического стекла при помощи пуансона *4* и матрицы *5*. Готовые коробку и крышку склеивают эпоксидной смолой. Внутреннюю поверхность корпуса обклеивают поролоном толщиной 3—4 мм. Окончательную сборку телефона производят в такой последовательности. Вначале с помощью четырех уголков и винтов *11* крепят к каркасу *3* излучатель *1*, а затем клеем БФ-2 приклеивают к нему корпус. Места склейки можно скрыть с помощью декоративной окантовки *10* из хлорвиниловой трубки, приклеив ее по периметру корпуса клеем 88. Место расположения отверстия для выводов и его диаметр зависит от примененного оголовья, которое можно использовать от любых промышленных телефонов.

Окончательным этапом изготовления телефонов является их фазировка. Частотная характеристика телефонов приведена на рис. 3-40. К выходу мощного УНЧ телефоны следует подключать через делитель напряжения. Простейший вариант такого делителя показан на рис. 3-41. Громкоговорители при включении телефонов должны быть отключены.

Внешний вид телефонов, сконструированных В. Шатухом, показан на рис. 3-42. В них использованы малогабаритные капсюли от промышленных микрофонов МД-47, а оголовье и амбушюры—от головных телефонов «Октава». Самостоятельного изготовления требуют только кольцо для амбушюров и полукольцо — держатель телефона, приклеенный к оголовью. Для этой цели можно использовать и готовую арматуру противошумовых телефонов.

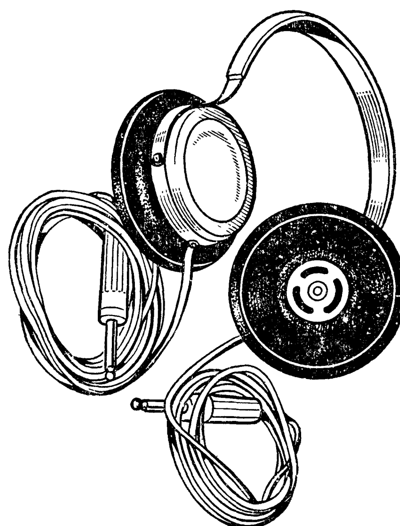


Рис. 3-42. Внешний вид телефонов на базе микрофонного капсюля МД-47.

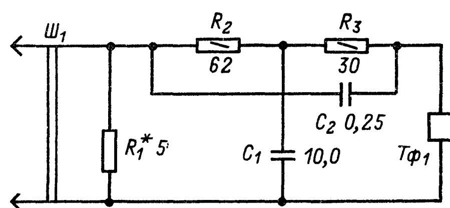


Рис. 3-43. Корректирующий фильтр.

Полосу рабочих частот телефонов можно расширить с помощью корректирующего фильтра (рис. 3-43), обеспечивающего подъем частотной характеристики в области низших и высших звуковых частот. При подключении стереофонических телефонов к выходу мощного усилителя на вход фильтра включают согласующий резистор R_1. Сопротивление резистора подбирают в пределах 5—10 Ом в зависимости от необходимой нагрузки усилителя. Детали фильтра навесным способом монтируют внутри резиновых амбушюров. Без согласующего резистора R_1 телефоны можно подключить к линейному выходу магнитофонов и к детекторному выходу радиоприемников.

Сдвоенный переменный резистор для стереофонических усилителей

Для обеспечения минимального разбаланса уровней сигнала в стереоканалах и минимального рассогласования их частотных характеристик при любом положении движков регуляторов тембра и громкости в стереофонических УНЧ применяют сдвоенные переменные резисторы. Однако приобрести такие резисторы радиолюбителю

удается далеко не всегда, и он вынужден сам изготовлять их из обычных одинарных переменных резисторов.

Здесь приводится описание двух довольно простых сдвоенных переменных резисторов, предложенных радиолюбителями В. Корниенко, А. Власовым, Г. Бердичевским и Н. Розовой. Особенностью резистора В. Корниенко является поступательное перемещение движка при регулировке, что облегчает визуальный контроль за величиной регулируемого параметра. При использовании таких резисторов в блоках регулировки тембра высококачественных УНЧ, где число регуляторов тембра достигает четырех-пяти, по положению движков приближенно можно судить о частотной характеристике усилителя в данный момент. Достоинством описываемого резистора является возможность получения любого сопротивления и любого закона его изменения, так как резистивный элемент собирается из обычных постоянных резисторов.

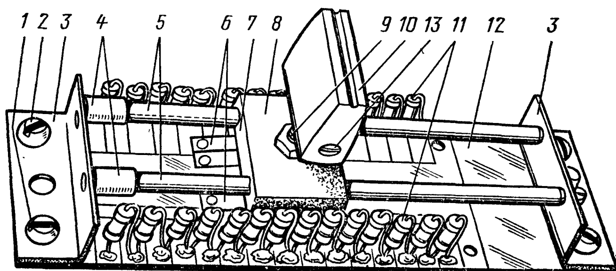


Рис. 3-44. Устройство сдвоенного переменного резистора.

Устройство сдвоенного резистора, сконструированного В. Корниенко, показано на рис. 3-44, а эскизы его основных деталей — на рис. 3-45. Резистор представляет собой переключатель, к неподвижным контактам которого припаяны постоянные резисторы *11*. Основанием сдвоенного резистора служит печатная плата *12*, на краях которой винтами *1* и гайками *2* закреплены угольники *3*. В отверстия угольников вставлены конические концы направляющих *5*, по которым перемещается каретка *8*. Снизу к каретке винтом *9* и гайкой *2* прикреплена пластина *7* из фольгированного стеклотекстолита. К полоскам фольги припаяны движки *6*. На выступающем конце винта *9* стопорным винтом *13* закреплена ручка управления *10*. При перемещении каретки *8* по направляющим *5* движки *6* поочередно замыкают внутренние Г-образные площадки платы *12* с площадками, к которым припаяны резисторы. В результате сопротивления между движками и выводами крайних резисторов изменяются. Движение каретки *8* ограничивают отрезки поливинилхлоридной трубки *4*. Для крепления резистора на панели УНЧ служат отверстия диаметром *4* мм в плате *12*.

Плату *12* изготовляют из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Ширина печатных дорожек не превышает 0,5—0,6 мм. Движки *6* изготовлены из контактов электромагнитных реле РПН. При сборке деталей переменного резистора контакты реле подгибают так, чтобы обеспечить надежный контакт между Г-образными и прямоугольными площадками при минимальном контактном давлении. Постоянные резисторы могут быть МЛТ-0,25 или ВС-0,125. Их номиналы выбирают в зависимости от необходимого общего сопротивления и закона его изменения. В заключение следует отметить, что при регулировании сопротивления из-за нарушения электрического соединения между движками и контактными площадками, к которым припаяны постоянные резисторы, возможно появление помех в виде потрескиваний. Такое же явление может произойти и при переходе серебряных контактов движков с одной площадки на другую. От них можно избавиться, изменив конструкцию движков таким образом: части движков, контактирующие с площадками, следует сделать разрезными, закрепив в них по два серебряных контакта со смещением на 0,8—1 мм. При такой конструкции движков их соединение с любой предыдущей площадкой будет разрываться не ранее, чем он соединится со следующей.

В сдвоенном блоке переменных резисторов, предложенном А. Власовым, Г. Бердичевским и Н. Розовой, используют широкораспространенные резисторы СП-1 и ТК без каких-либо переделок. Управление блоком, как и предыдущим резистором, осуществляется прямолинейным перемещением ручки. Блок (рис. 3-46) состоит из кронштейна *1*, на котором установлены резисторы *11*, и стоек *2* со свободно вращающимися на них роликами *4*. Стойки закреплены винтами *3*, головки которых ограничивают перемещение роликов в осевом направлении.

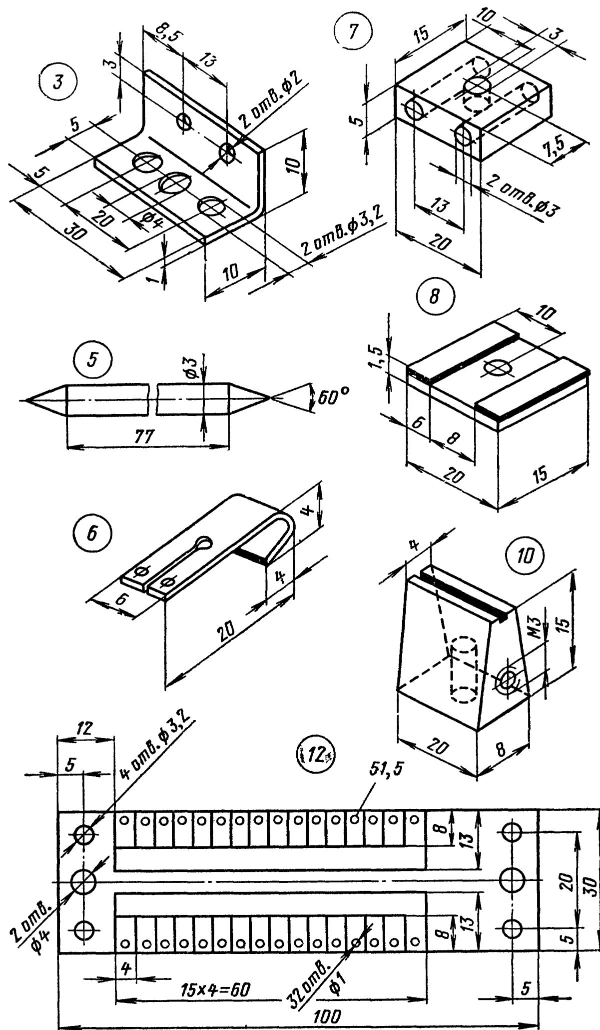


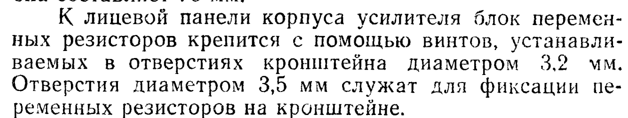
Рис. 3-45. Детали сдвоенного переменного резистора (см. рис. 3-44).

1 — винты М3×5, 4 шт.; *2* — гайки М3, 5 шт.; *3* — угольники, Ст.10кп или латунь, 2 шт.; *4* — ограничители, трубка поливинилхлоридная, 2 шт.; *5* — направляющие, стальной пруток, 2 шт.; *6* — движок, 2 шт. припаять отогнутым концом к детали 7; *7* — пластина, стеклотекстолит; *8* — каретка, фторопласт; *9* — винт; М3×25, на конце сделать лыску под винт *13*; *10* — ручка управления, сплав Д16-Т, полировать; *11* — резисторы МЛТ-0,25, 25 шт.; *12* — плата, фольгированный гетинакс или стеклотекстолит; *13* — винт стопорный М3×8.

В боковых стенках кронштейна *1* с помощью винтов *15* и шайб *14* закреплены направляющие *5*, по которым

при регулировке перемещается движок *9* со стойкой *17*. На стойке закреплена ручка управления *8*. Тросик *16* охватывает ролики *4* и шкивы *6*. Концы тросика прикреплены к пружине *12*, которая в свою очередь винтом *10* закреплена на движке *9*. Чтобы исключить проскальзывание по шкивам *6*, на каждом из них намотан один виток тросика.

Оси переменных резисторов вращаются при перемещении движка *9* по направляющим *5*. Длина хода ручки зависит от диаметра шкивов *6*. В данной конструкции она составляет 70 мм.



К лицевой панели корпуса усилителя блок переменных резисторов крепится с помощью винтов, устанавливаемых в отверстиях кронштейна диаметром 3,2 мм. Отверстия диаметром 3,5 мм служат для фиксации переменных резисторов на кронштейне.

Рис. 3-46. Конструкция сдвоенного блока переменных резисторов.

1 — кронштейн, Ст.10кп, цинковать; *2* — стойка, Ст.45, 2 шт., цинковать; *3* — винт М3×14, 2 шт.; *4* — ролик, латунь Л62-Т, 2 шт.; *5* — направляющие, Ст.4Х13 («серебрянка») диаметром 3 мм, 2 шт.; *6* — шкив, сплав Д16-Т, оксидировать, 2 шт.; *7* — винт установочный М2×4; *8* — ручка, сплав Д16-Т, полировать; *9* — движок, латунь Л62; *10* — винт М3×5; *11* — переменные резисторы СП-1, 2 шт.; *12* — пружина; *13* — винт установочный, М3×4, 2 шт.; *14* — шайба, 2 шт.; *15* — винт М3×6, 2 шт.; *16* — тросик, леска капроновая; *17* — стойка, Ст.20, расклепать в детали *9*.



ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ МАГНИТОФОНЫ И ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛИ

Стереофонический кассетный магнитофон

Предлагаемый вниманию читателей магнитофон разработан московским радиолюбителем А. К. Мосиным. На юбилейном конкурсе, проведенном редакцией в честь пятидесятилетия журнала «Радио» в 1974 г., А. К. Мосин был удостоен за эту конструкцию третьей премии.

Магнитофон создан на базе лентопротяжного механизма (ЛПМ) кассетного монофонического магнитофона «Весна-306». Этот ЛПМ в отличие от механизмов других магнитофонов третьего класса, обеспечивает более высокую стабильность номинальной скорости ленты. Достигнуто это применением двух маховиков, вращающихся в разные стороны, и бесконтактного электродвигателя постоянного тока, снабженного электронной системой стабилизации частоты вращения. В результате А. К. Мосину удалось сконструировать магнитофон с достаточно хорошими параметрами, сведя всю работу к изготовлению только электрической части.

Описываемый магнитофон рассчитан на запись и воспроизведение четырехдорожечных стереофонических программ. В качестве источников программ могут быть использованы радиоприемник, звукосниматель или микрофон. В магнитофоне только одна скорость ленты (4,76 см/с), вторая исключена при переделке. Время непрерывной записи (воспроизведения) на этой скорости одной кассеты МК-60 составляет 1 ч (2×30 мин). Рабочий диапазон частот сквозного канала при неравномерности частотной характеристики ±3 дБ — от 40 Гц до 14 кГц. Коэффициент гармоник в канале записи — воспроизведения на частоте 400 Гц не превышает 3%. Относительный уровень помех в канале воспроизведения не хуже —50 дБ, в канале записи — воспроизведения без шумоподавления —47 дБ, с шумоподавлением —57 дБ. Частота тока стирания и высокочастотного подмагничивания 75 кГц, относительный уровень стирания на частоте 1000 Гц не хуже —60 дБ. Номинальная выходная мощность УНЧ магнитофона 2×4 Вт, максимальная — 2×6 Вт. Для питания магнитофона используется сеть переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность не превышает 30 В·А. Внешний вид магнитофона с выносными громкоговорителями показан на рис. 4-1.

Принципиальная схема магнитофона приведена на рис. 4-2. Его электрическая часть состоит из двух одинаковых по схеме усилительных трактов (для простоты на рис. 4-2 показан только один), состоящих из универсального усилителя, используемого как при записи, так и при воспроизведении, оконечного усилителя, включаемого только в режиме воспроизведения, шумоподавляющего устройства и индикатора уровня записи. Источник питания, входное устройство и генератор тока стирания и подмагничивания — общие для обоих каналов.

Универсальный усилитель каждого канала выполнен на четырех транзисторах. Связь между первым и вторым каскадами усилителя — емкостная, между остальными — непосредственная. Первый каскад выполнен на малошумящем кремниевом транзисторе КТ203Б (T_1), включенном по схеме с ОЭ. Каскад охвачен ООС по постоянному и переменному току, создающейся за счет включения резисторов R_{11} и R_{12} в цепь эмиттера. Конденсатор C_4 предотвращает самовозбуждение каскада на высоких частотах.

Транзисторы второго (T_2) и третьего (T_3) каскадов включены также по схеме с ОЭ, четвертого (T_4) — по схеме с ОК. Стабильность режима работы транзисторов T_2 и T_3 по постоянному току обеспечивается ООС, напряжение которой подается с резистора R_{23} в цепи эмиттера транзистора T_3 в цепь базы транзистора T_2 (при этом обеспечивается и необходимое для работы этого транзистора смещение). Питание коллекторных и базовых цепей транзисторов T_1—T_4 осуществляется от стабилизатора на транзисторе T_{18} и стабилитроне $Д_{13}$ через развязывающие фильтры $R_{14}C_1$ и $R_{24}C_{12}$.

В режиме записи (переключатель B_1 в правом, по схеме, положении) сигнал от одного из источников напряжения звуковой частоты через конденсатор C_2 поступает на базу транзистора T_1. Регулировка уровня записи осуществляется переменным резистором R_3. Усиленный сигнал снимается с нагрузки эмиттерного повторителя T_4 — резистора R_{29} — и через конденсатор C_{14}, резистор R_{19}, ячейку $R_{18}C_{11}$ и фильтр-пробку L_2C_5 поступает в цепь универсальной магнитной головки $ГУ_1$. Сюда же через резистор R_7 и конденсатор C_3 с выходной обмотки трансформатора $Тр_1$ ГВЧ подается высокочастотное подмагничивание. Фильтр-пробка предотвращает проникание тока ГВЧ в цепи универсального усилителя. Необходимые частотные предыскажения в этом режиме создаются частотно-зависимой ООС, охватывающей последние три каскада усилителя. Напряжение ООС снимается с выхода усилителя и через цепь $C_{15}R_{34}C_{18}R_{33}R_{28}$ подается в цепь эмиттера транзистора T_2. Дополнительная коррекция записываемого сигнала осуществляется последовательным колебательным контуром L_1C_{10}, включенным через добавочный резистор R_{15} параллельно резистору R_{17} в эмиттерной цепи этого же транзистора. Контур L_1C_{10} обеспечивает подъем частотной характеристики усилителя в области высших частот рабочего диапазона.

Генератор тока стирания и подмагничивания собран по двухтактной схеме на транзисторах T_5 и T_6. Питание на генератор подается только в режиме записи через

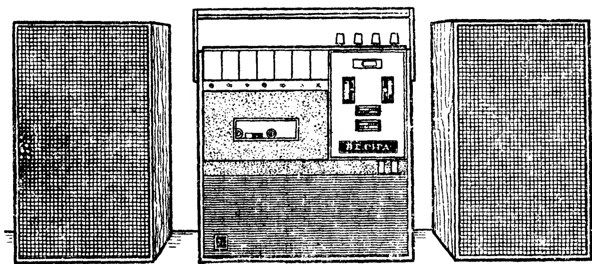


Рис. 4-1. Внешний вид магнитофона.

контакты переключателя B_1 (секция $B_{1\,2}$). Стирающая головка $ГС_1$ подключена к коллекторной обмотке трансформатора $Тр_1$, образующей вместе с конденсатором C_6 контур, настроенный на частоту 70 кГц.

Индикатор уровня записи состоит из усилителя, выполненного на транзисторе T_{17}, выпрямителя на диодах $Д_{11}$, $Д_{12}$, собранного по схеме удвоения напряжения, и стрелочного индикатора $ИП_1$ с добавочным резистором R_{85}. В режиме записи сигнал на базу транзистора T_{17} поступает с выхода универсального усилителя через замкнутые контакты переключателя B_3 (в его левом, по схеме, положении). При воспроизведении измерительный прибор $ИП_1$ используется в качестве индикатора выхода. Поскольку выходное напряжение, развиваемое универсальным усилителем в этом режиме, недостаточно для нормальной работы индикатора, на вход усилителя, выполненного на транзисторе T_{17}, сигнал подается с выхода первого каскада (T_7) оконечного усилителя.

В режиме воспроизведения (переключатели B_1, B_3 и B_4 в положениях, показанных на схеме) ко входу универсального усилителя подключается универсальная головка $ГУ_1$. Амплитудно-частотная характеристика универсального усилителя в этом режиме работы корректируется тем же последовательным контуром в цепи эмиттера транзистора T_2 и цепью ООС, в которую в этом случае входят конденсаторы C_{16}, C_{17} и резисторы R_{26}, R_{27}, R_{31} и R_{32}.

Усиленный и частотно-скорректированный сигнал снимается с резистора R_{29} и через цепь $C_{14}R_{30}$ поступает на линейный выход ($Ш_1$) и делитель напряжения $R_{35}R_{36}$, нижним плечом которого является переменный резистор, выполняющий функции регулятора громкости. С его движка сигнал поступает на вход пятикаскадного оконечного усилителя, собранного на транзисторах T_7—T_{13}. Полоса усиливаемых им частот — от 20 Гц до 40 кГц, коэффициент гармоник при номиналь-

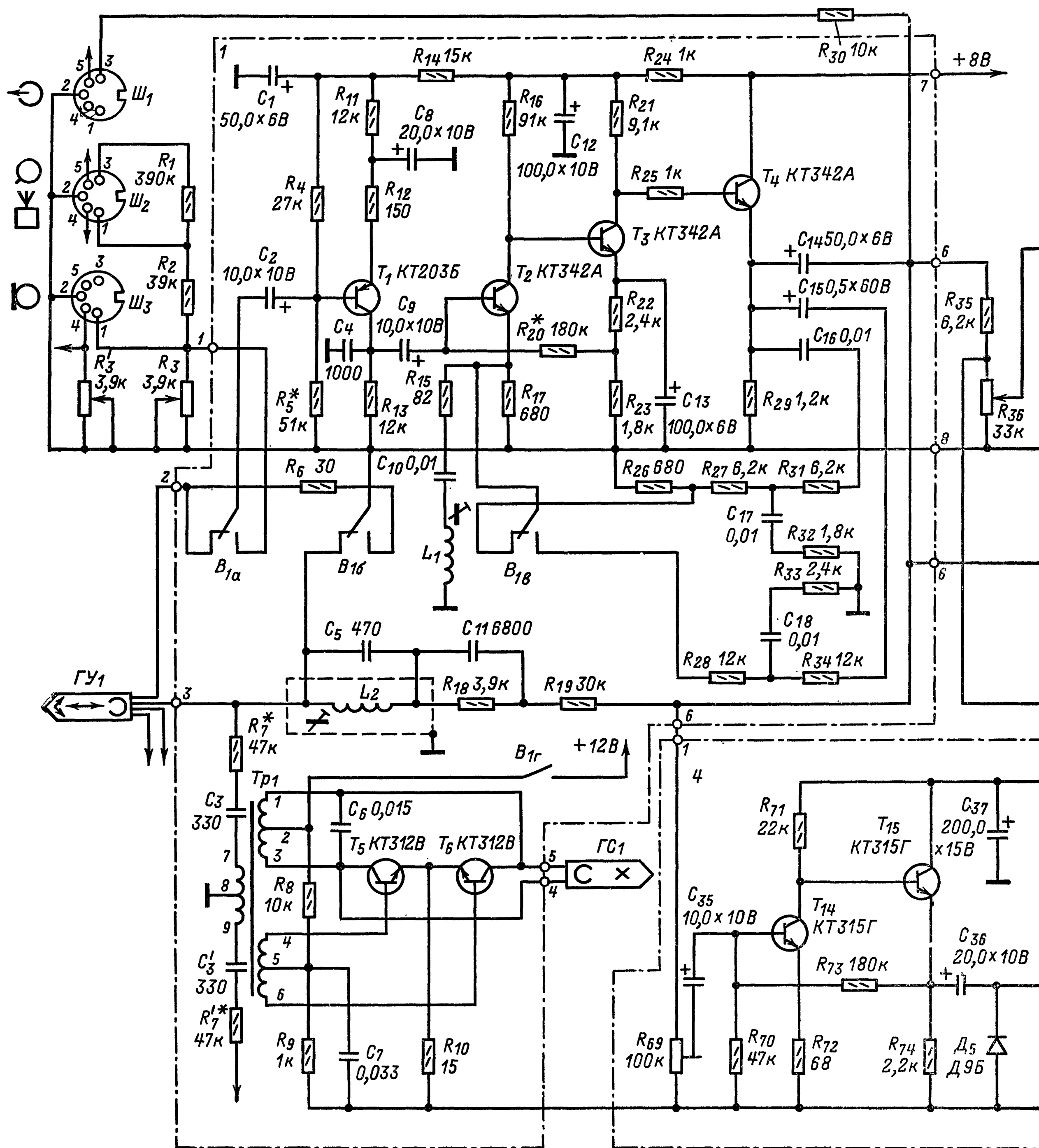
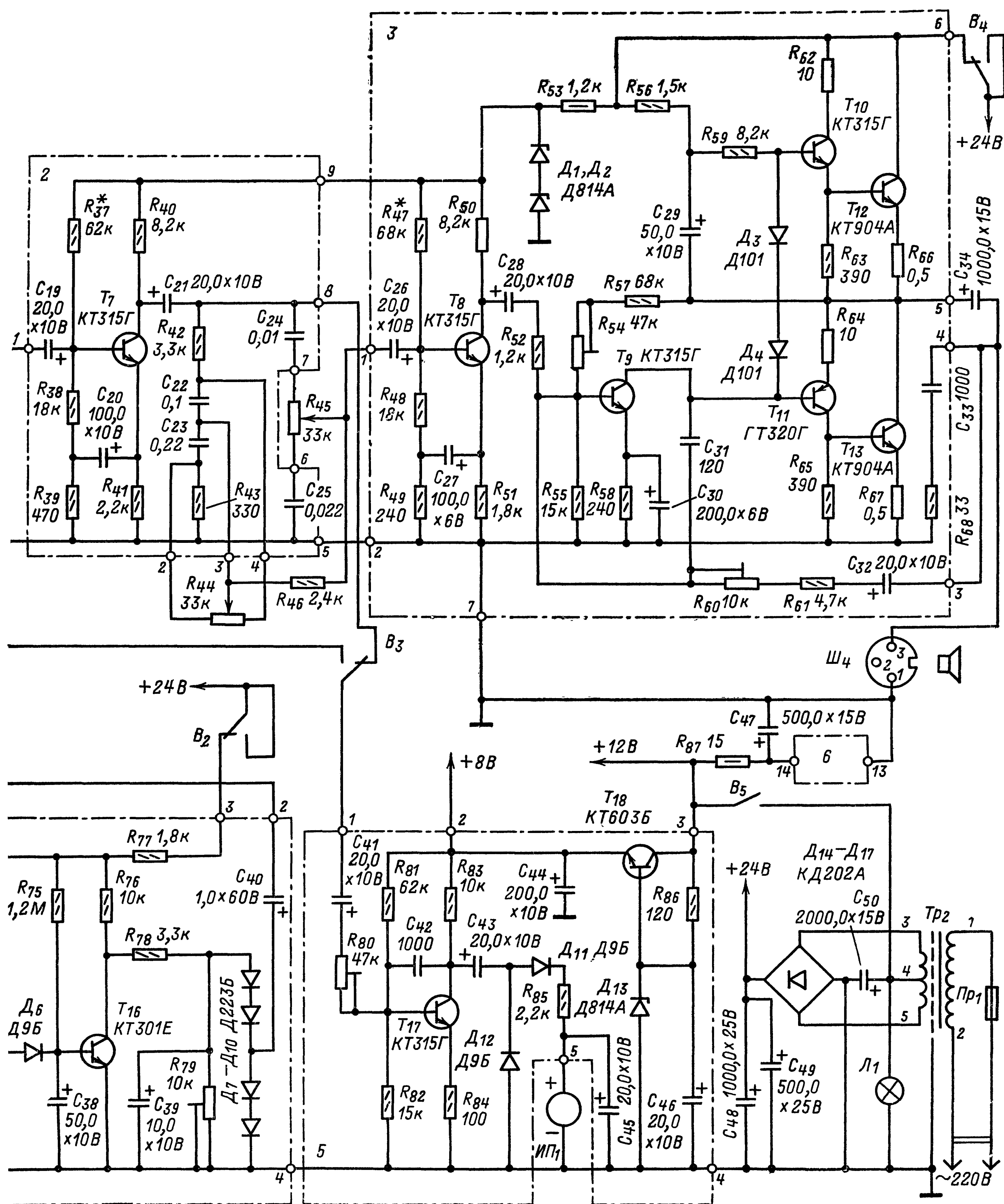


Рис. 4-2. Принципиальная схема магнитофона.

ной выходной мощности — менее 0,5%. Связь между первыми тремя каскадами усилителя — емкостная, между остальными — непосредственная. Питание первого и второго каскадов осуществляется от простейшего стабилизатора, выполненного на стабилитронах $Д_1$ и $Д_2$. Регуляторы тембра по высшим (R_{45}) и низшим (R_{44})



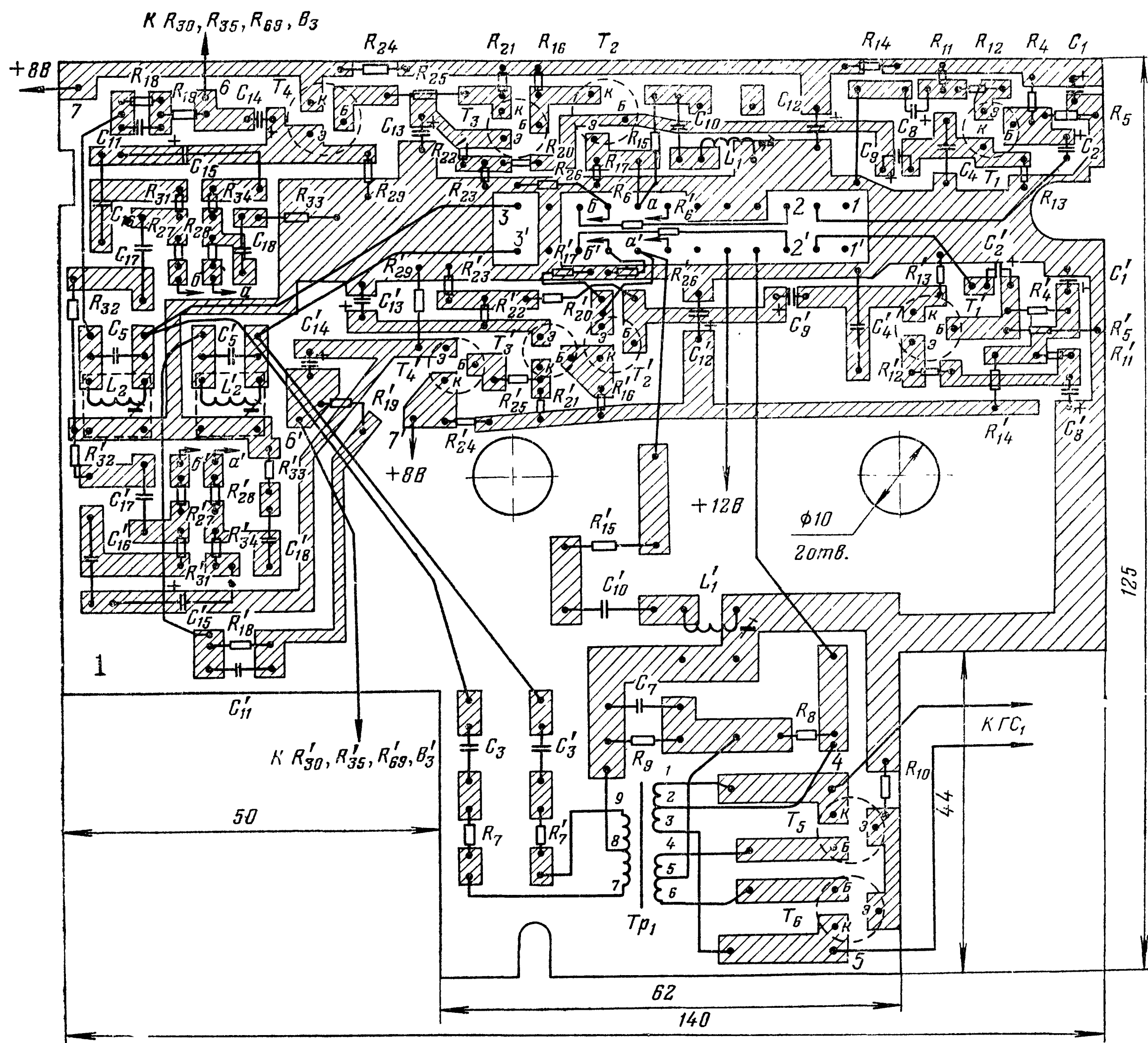


Рис. 4-3. Печатная плата и схема соединений универсальных усилителей, генератора тока стирания и подмагничивания.

частотам включены между первым и вторым каскадами усилителя. Нагрузкой усилителя служит громкоговоритель, состоящий из двух динамических головок: низкочастотной 6ГД-6 и высокочастотной 3ГД-31.

Для снижения уровня шумов, вносимых магнитной лентой и универсальным усилителем в режиме воспроизведения, служит шумоподавляющее устройство, выполненное на транзисторах T_{14}—T_{16} и диодах $Д_5$—$Д_{10}$. Оно состоит из двухкаскадного усилителя напряжения сигнала, выпрямителя и управляемого делителя напряжения, шунтирующего регулятор громкости на средних и высших частотах. Усилитель напряжения сигнала выполнен на транзисторах T_{14} и T_{15} с непосредственной связью между каскадами. Стабилизация режимов работы транзисторов по постоянному току осуществляется параллельной обратной связью, напряжение которой снимается с эмиттера транзистора T_{15} и через делитель $R_{73}R_{70}$ подается в цепь базы транзистора T_{14}. Для повышения быстродействия шумоподавителя каскад на транзисторе T_{15} выполнен по схеме эмиттерного повторителя.

Управляемый делитель напряжения состоит из резисторов R_{76}, R_{78}, R_{79}, транзистора T_{16}, диодов $Д_7$—$Д_{10}$ и конденсатора C_{39}. При отсутствии сигнала на выходе универсального усилителя транзистор T_{16} почти закрыт, так как ток его базы, определяемый сопротивлением резистора R_{75}, очень мал (всего 20 мкА). Соответственно невелик и коллекторный ток транзистора, а сопротивление его участка эмиттер — коллектор довольно велико и практически не шунтирует резисторы R_{78} и R_{79}. Сопротивление нижнего плеча делителя подобрано так, что диоды $Д_7$—$Д_{10}$ в отсутствие сигнала открыты и конденсатор C_{40} шунтирует (через открытые диоды) регулятор громкости R_{36}. Благодаря этому шумы магнитной ленты и усилителя в области средних и высших частот оказываются ослабленными на 10—15 дБ. Порог срабатывания шумоподавителя устанавливается подстроечным резистором R_{69}.

При появлении сигнала на выходе выпрямителя, собранного по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_5$ и $Д_6$, появляется постоянная составляющая, которая увеличивает ток коллектора транзистора T_{16}, в результате чего он начинает сильно шунтировать нижнее плечо управляемого делителя и диоды $Д_7$ — $Д_{10}$ закрываются. Это приводит к отключению конденсатора C_{40} от регулятора громкости, поэтому весь спектр сигнала беспрепятственно проходит на вход оконечного усилителя.

Блок питания магнитофона состоит из трансформа-

тора питания $Тр_2$, мостового выпрямителя на диодах $Д_{14}$—$Д_{17}$ и электронного стабилизатора напряжения, собранного на транзисторе средней мощности T_{18} и стабилитроне $Д_{13}$. Стабилизированное напряжение 8 В используется для питания только универсального усилителя, остальные устройства магнитофона питаются нестабилизированным напряжением 12 и 24 В.

Конструкция и детали. Детали магнитофона смонтированы на пяти печатных платах, изготовленных из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Элементы, входящие в соответствующие устройства, обведены на схеме штрих-пунктирными линиями, номера плат обозначены цифрами *1—6* (*6* — плата электронной системы стабилизации частоты вращения электродвигателя. Она уже есть в магнитофоне «Весна-306»). На плате *1* (рис. 4-3) смонтированы универсальные усилители обоих каналов и генератор тока стирания и подмагничивания, на платах *2* и *3* (рис. 4-4, 4-5) — каскады оконечных усилителей, на плате *4* (рис. 4-6) — шумоподавители, на плате *5* (рис. 4-7) — индикаторы уровня записи и выхода вместе со стабилизатором напряжения питания. Платы *2*, *3* и игольчатый радиатор, на котором установлены транзисторы выходных каскадов T_{12}, T'_{12}, T_{13} и T'_{13}, объединены конструктивно в единый блок. Плата *3* и игольчатый радиатор имеют одинаковые размеры. Они соединены между собой с помощью винтов М3×8 и трубчатых стоек высотой 4 мм. Транзисторы выходных каскадов ввинчены в резьбовые отверстия в радиаторе через отверстия в плате *3*. Никаких прокладок в данном случае (между транзисторами и радиатором) не требуется, так как выводы транзисторов КТ904А изолированы от корпуса. Плата *2* закреплена на радиаторе с помощью дюралюминиевого кронштейна, на котором установлены разъемы $Ш_1$ и $Ш'_4$ для подключения громкоговорителей. Электролитические конденсаторы C_{34} и C'_{34} закреплены по обе стороны этой платы. Рядом с радиатором в нижней части

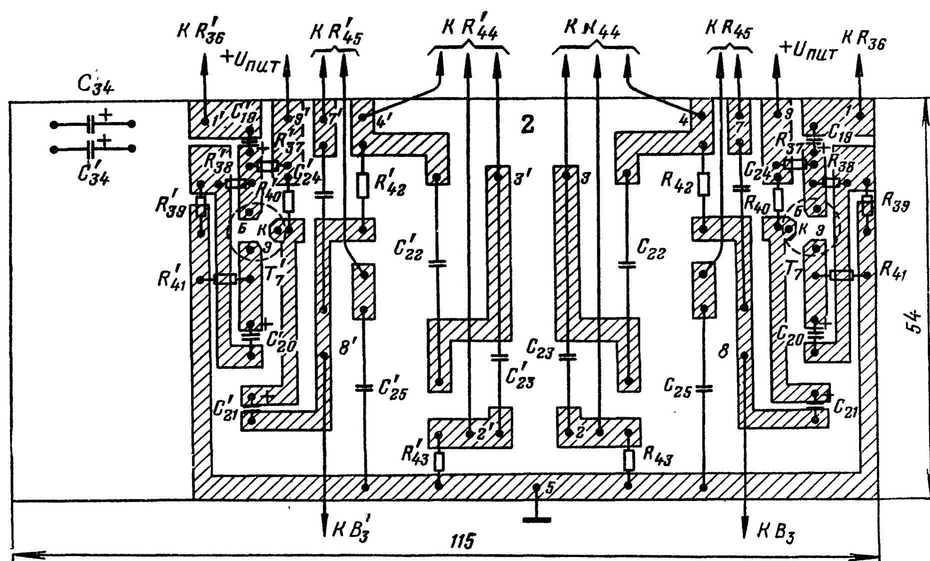


Рис. 4-4. Печатная плата и схема соединений первых каскадов оконечных усилителей.

Рис. 4-5. Печатная плата и схема соединений остальных каскадов оконечных усилителей.

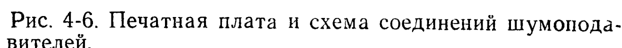


Рис. 4-6. Печатная плата и схема соединений шумоподавителей.

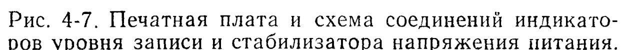


Рис. 4-7. Печатная плата и схема соединений индикаторов уровня записи и стабилизатора напряжения питания.

корпуса магнитофона установлена еще одна плата (с навесным монтажом), на которой смонтированы детали блока питания (трансформатор $Тр_2$, диоды $Д_{14}$—$Д_{17}$ и электролитические конденсаторы C_{47}—C_{50}.

Для того чтобы в корпусе магнитофона можно было разместить все детали, он доработан следующим образом: отсек питания с задней стенки удален, а крышка, закрывающая его, прикреплена к стенке дихлорэтаном. На месте индикатора уровня записи вырезаны два более широких прямоугольных отверстия под стрелочные индикаторы М476 ($ИП_1$ и $ИП'_1$). Миниатюрная лампочка накаливания $Л_1$, подсвечивающая их шкалы, закреплена на панели магнитофона между корпусами приборов.

Переключатель рода работ индикатора $В_3$ установлен на месте переключателей скорости ленты и выходной мощности, ранее имевшихся в магнитофоне, $В_2$ (включение и выключение шумоподавителей) и $В_4$ (включение и выключение УНЧ) — на планке, разделяющей решетку громкоговорителя и панель управления магнитофоном. Регуляторы уровня записи R_3 и R'_3 закреплены на месте регуляторов громкости и тембра, остальные органы управления (отдельные регуляторы громкости R_{36}, R'_{36}, а также сдвоенные регуляторы тембра $R_{44}R'_{44}$ и $R_{45}R'_{45}$) — на верхней стенке корпуса (под ручкой переноски).

В магнитофоне применены постоянные резисторы ВС-0,125 и МЛТ-0,5, переменные резисторы СП3-4аМ-В (R_{36} и R'_{36}), СП3-4аМ-А ($R_{44}R'_{44}$ и $R_{45}R'_{45}$), СП3-4аМ-Б (R_3 и R'_3); подстроечные резисторы СП3-16б. Электролитические конденсаторы — К50-6 и К50-3, керамические — КДС. Резисторы R_{62}, R_{64}, R_{66}, R_{67} и соответствующие им резисторы другого канала, а также резистор R_{87} — проволочные. Универсальная магнитная головка WY435Y2L2IN — от магнитофона «Вильма-стерео», стирающая — та же, что и в магнитофоне «Весна-306».

Катушки контуров коррекции L_1 и L'_1 и фильтры-пробки L_2 и L'_2 намотаны на каркасах от фильтров ПЧ радиоприемника «Сокол» до их заполнения: первые — проводом ПЭВ-1 0,07, вторые — ПЭВ-1 0,1.

Трансформатор $Тр_1$ генератора тока стирания и подмагничивания намотан на ферритовом (М1000НМ) кольце К16×10×4. Его обмотка *1-2-3* содержит 25+25 витков провода ПЭЛШО 0,33, обмотка *4-5-6*—4+4 витка ПЭЛШО 0,15, обмотка *7-8-9*—120+120 витков ПЭЛШО 0,1.

В качестве сердечника трансформатора питания $Тр_2$ использованы два сложенных вместе тороидальных магнитопровода (сталь Э330) с внешним диаметром 40, внутренним 20 и высотой 15 мм. Сетевая обмотка этого трансформатора (выводы *1-2*) содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,23 (при необходимости питать магнитофон от сети напряжением 127 В обмотка должна иметь 1270 витков провода ПЭВ-2 0,27), понижающая (*3-4-5*) — 180 витков ПЭВ-2 0,8 с отводом от середины.

Налаживание магнитофона следует начать с проверки оконечного усилителя. В цепь его питания включают миллиамперметр на 100 мА и измеряют ток покоя, который не должен превышать 50 мА. Напряжение на коллекторе транзистора T_{13}, равное половине напряжения питания, устанавливают изменением напряжения смещения на базе транзистора T_9 с помощью подстроечного резистора R_{54}. После этого на вход усилителя (точка соединения резисторов R_{35}, R_{36} и общий провод) от генератора сигналов низкой частоты подают сигнал частотой 1000 Гц и, подбирая диоды $Д_3$, $Д_4$, добиваются устранения искажений типа «ступенька». Режимы работы транзисторов первых двух каскадов усилителя устанавливают подбором резисторов R_{37} и R_{47} в их базовых цепях, добиваясь симметричного ограничения сигнала

при его увеличении. Для наблюдения формы сигнала можно использовать практически любой низкочастотный осциллограф (ЛО-70, С1-5 и т. д.). Аналогично корректируют режимы работы транзисторов универсального усилителя, подбирая резисторы R_5 (транзистор T_1) и R_{20} (остальные).

Положение универсальной магнитной головки регулируют при воспроизведении какого-либо магнитофильма фирмы «Мелодия», зарядив его в кассету с вырезами в одной из крышек напротив универсальной и стирающей головок. Установив кассету в лентопротяжный механизм и включив магнитофон в режим воспроизведения, наблюдают за прохождением магнитной ленты в тракте. Положение головок по высоте регулируют так, чтобы лента проходила точно между их направляющими штырями без перекосов и не сминаясь. Далее корректируют положение универсальной головки в плоскости движения ленты, добиваясь наибольшей отдачи на высших частотах рабочего диапазона. Уровень средних частот в этом режиме работы устанавливают подбором конденсатора C_{17} и резистора R_{32}, а необходимый подъем частотной характеристики на высших частотах— настройкой корректирующего контура L_1C_{10} на частоту 14 кГц.

Налаживание магнитофона в режиме записи сводится к проверке работы генератора тока стирания и подмагничивания, настройке его (подбором конденсатора C_6) на частоту 70 кГц, фильтра-пробки L_2C_5 на эту же частоту, установке уровня средних частот подбором конденсатора C_{18} и резистора R_{33}, а также токов стирания и подмагничивания и калибровке индикаторов уровня. Эти операции не имеют каких-либо особенностей по сравнению с неоднократно описанными в радиолюбительской литературе (см., например, статью М. Ганзбурга «Налаживание магнитофона в любительских условиях», «Радио», 1973, № 9, 10).

В последнюю очередь налаживают шумоподавитель. Для этого в магнитофон устанавливают кассету с чистой лентой, регуляторы громкости обоих каналов переводят в положения, соответствующие максимальной громкости, движок подстроечного резистора R_{69} устанавливают в нижнее (по схеме) положение, а резистора R_{79} — в верхнее. Затем включают магнитофон в режим воспроизведения и подают питание на шумоподавитель, установив переключатель B_2 в левое, по схеме, положение. При этом в громкоговорителях будет слышен ровный «белый» шум. Медленно поворачивая движок резистора R_{79}, добиваются пропадания этого шума, а затем с помощью подстроечного резистора R_{69} постепенно увеличивают напряжение шумов на входе шумоподавителя до тех пор, пока он вновь не станет слышен. Добившись этого, движок резистора R_{69} поворачивают на небольшой угол в обратную сторону (до пропадания шума) и фиксируют в этом положении. На этом налаживание магнитофона можно считать законченным.

Тонарм любительского электропроигрывателя

Тонарм, как известно, является важнейшим узлом современного электропроигрывающего устройства. Он должен надежно и точно вести иглу по канавке грампластинки, поддерживать постоянный контакт с обеими ее стенками (это особенно важно при воспроизведении стереофонических записей) и, конечно, он не должен влиять на колебания иглы, обусловленные модуляцией канавки. Обеспечивается это соответствующим выбором основных параметров тонарма (его рабочей длины, угла коррекции и установочной базы), конструкцией, сведением к минимуму трения в поворотной ножке и компенсацией так называемой скатывающей силы. Эта сила, являющаяся одной из составляющих силы тяги (возникает при вращении грампластинки относительно иглы звукоснимателя), направлена к центру грампластинки. Она увеличивает давление на внутреннюю стенку канавки и в той же мере уменьшает его на внешнюю стенку. В результате нарушается баланс воспроизводимых сигналов правого и левого каналов, появляются искажения звука и, кроме того, усиливается износ внутренней стенки канавки и соответствующей стороны иглы.

Перечисленным требованиям в значительной мере удовлетворяет тонарм, разработанный в лаборатории журнала «Радио» В. В. Фроловым. По сравнению с известными конструкциями, описанными в радиолюбительской литературе, он не содержит деталей, требующих выполнения специальных станочных работ. Для изготовления тонарма достаточно иметь некоторые слесарные навыки, а единственный станок, который желательно использовать — сверлильный.

Основные параметры тонарма (рассчитаны из условия проигрывания дисков «гигант» диаметром 300 мм) следующие: рабочая длина (расстояние от вертикальной оси поворота до острия иглы) 230 мм, угол коррекции (угол между проекциями воображаемых прямых, одна из которых соединяет острие иглы с осью поворота тонарма, а другая — с осью поворота подвижной системы звукоснимателя) 23°55′, установочная база (расстояние от оси поворота тонарма до центра диска проигрывателя) 212 мм. Для уменьшения нелинейных искажений при воспроизведении стереопластинок горизонтальная ось поворота тонарма расположена перпендикулярно прямой, соединяющей острие иглы с осью поворота подвижной системы звукоснимателя.

В тонарме применена отечественная пьезокерамическая головка ГЗКУ-631Р (устанавливается в электропроигрывающих устройствах II класса). В промышленных проигрывателях эти головки работают при прижимной силе около 0,07 Н (7 гс). Однако, как показала практика, они хорошо работают и при уменьшении этой силы до 0,03—0,04 Н (3—4 гс). Уменьшение давления на пластинку значительно увеличивает срок ее службы, а также уменьшает износ иглы звукоснимателя. Тонарм позволяет регулировать прижимную силу в пределах 0,02—0,045 Н. При необходимости пределы регулировки можно сместить в ту или другую сторону изменением положения противовеса. В тонарме использован компенсатор скатывающей силы простейшего типа. Компенсация осуществляется посредством небольшого груза, создающего противонаправленный постоянный момент.

Устройство тонарма показано на рис. 4-8, чертежи его основных деталей — на рис. 4-9. Как видно из рис. 4-8, тонарм состоит из трубки *3*, держателя головки звукоснимателя (дет. *1*, *2*, *35—43*), поворотной ножки (дет. *5—8*, *22—29*), противовеса *15* с механизмом регулировки прижимной силы (дет. *17*, *18*, *21*) и компенсатора скатывающей силы (дет. *9—14*, *19*, *20*). К панели электропроигрывающего устройства тонарм крепится с помощью держателя *33* и двух винтов *31*. Для крепления тонарма в нужном положении по высоте служит винт *32*, ввинченный в резьбовое отверстие держателя *33*.

Поворотная ножка тонарма выполнена на миниатюрных шариковых подшипниках серии 2000083 (дет. *23* на разрезе *А-А*), плотно вставленных в отверстия малой рамки *22*. Осями подшипников поворота в вертикальной плоскости служат специальные винты *24*, ввинченные в резьбовые отверстия бобышки *5*, напрессованной на трубку тонарма *3*. Нижний (по разрезу *А-А* на рис. 4-8) шарикоподшипник другой пары опирается на стойку *28*, верхний — на установочный винт *7*, ввинченный в резьбовое отверстие внешней рамки *8*. Для фиксации положения этого винта служит гайка *6*. К стойке (дет. *26*, *28*, *29*) рамка *8* крепится двумя винтами *27*. Диаметры отверстий под эти винты во фланце *26*, а также отверстий под стойку *28* в рамке *8* выбран несколько бо́льшим, чем необходимо. Это позволяет при сборке тонарма точно совместить оси обоих подшипников пово-

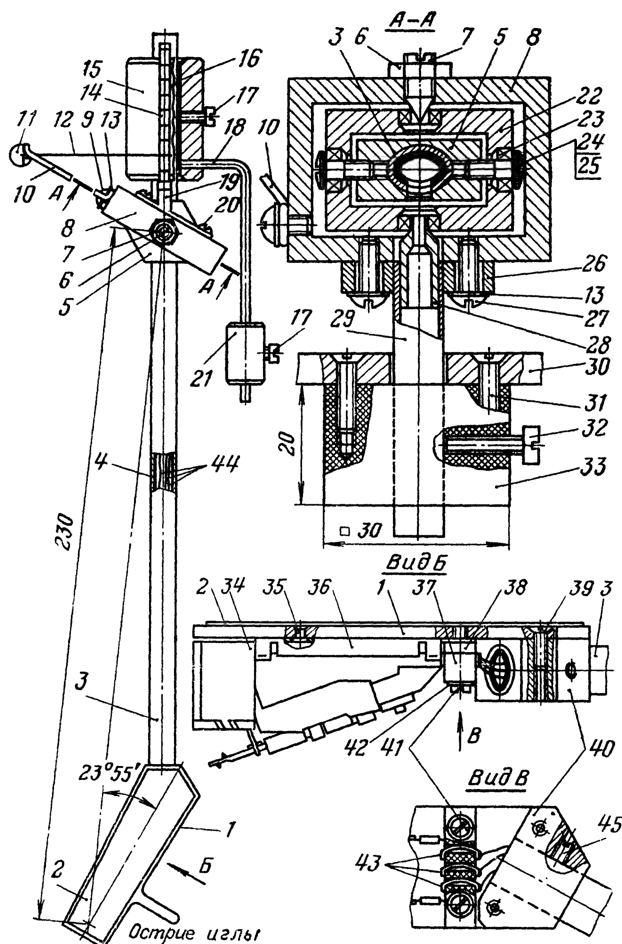


Рис. 4-8. Устройство тонарма.

1 — планка; *2* — декоративная накладка, гетинакс толщиной 0,5 мм, полировать, приклеить к дет. *1* клеем БФ-2; *3* — трубка тонарма; *4* — трубка поливинилхлоридная длиной 255 мм; *5* — бобышка, напрессовать на дет. *3*; *6* — гайка М5, Д16-Т, полировать; *7* — винт установочный М5, Д16-Т, торец и коническую часть полировать; *8* — рамка внешняя; *9* — винт М3×5; *10* — коромысло, закрепить на дет. *8* винтом *9* с шайбой *13*; *11* — груз компенсатора скатывающей силы; *12* — нить шелковая; *13* — шайба, Д16-Т толщиной 0,8 мм, 3 шт., полировать; *14* — стержень закрепить клеем БФ-2 в дет. *19*; *15* — противовес; *16* — трубка резиновая длиной 35 мм; *17* — винт М3×8, 2 шт.; *18* — рычаг, закрепить в дет. *15* эпоксидным клеем; *19* — кронштейн, закрепить на дет. *22* винтами *20*; *20* — винт М2×5, 2 шт.; *21* — груз установки прижимной силы; *22* — рамка внутренняя; *23* — подшипник шариковый 2000083, 4 шт.; *24* — винт специальный М3×8 (высота головки 1 мм), 2 шт.; *25* — шайба ⌀5×⌀3×0,3 мм, ЛС59-1, 2 шт.; *26* — фланец, Д16-Т, напрессовать на дет. *29*; *27* — винт М3×8, 2 шт.; *28* — опора, ЛС59-1 (заготовка — приборное гнездо), запрессовать в дет. *29*; *29* — стойка, Д16-Т, труба 8×1 мм, длина по необходимости, наружную поверхность полировать; *30* — панель ЭПУ; *31* — винт М3×10, 2 шт.; *32* — винт М3×12; *33* — держатель, стекло органическое, текстолит; *34* — головка ГЗКУ-631Р; *35* — заклепка алюминиевая ⌀ 1×3 мм; *36* — направляющая, закрепить на дет. *1* заклепкой *35* и винтами *41*; *37* — колодка; *38* — планка; *39* — винт М2×8, 2 шт.; *40* — бобышка, закрепить на дет. *3* винтом *45*; *41* — винт М2×10, 2 шт.; *42* — шайба, 2 шт.; *43* — контакт, 3 шт.; *44* — провода соединительные, провод ЛЭШО 7×0,07 длиной 400 мм, 3 шт.; *45* — винт установочный М3×4.

рота в горизонтальной плоскости и тем самым свести трение в них к минимуму.

Держатель головки звукоснимателя состоит из бобышки *40*, жестко закрепленной винтом *45* на трубке тонарма *3*, планки *1*, закрепленной на бобышке винтами *39*, направляющей *36*, в пазы которой вставляется соответствующая часть головки *34*, и трехгнездной колодки (дет. *37*, *38*, *43*), посредством которой головка соединяется с проводами *44*. Между собой планка *1* и направляющая *36* соединены заклепкой *35* и двумя винтами *41*, которые одновременно служат и для крепления колодки. Отверстия в планке *1*, просверленные для уменьшения ее массы, сверху закрыты декоративной накладкой *2*.

Балансировка тонарма в вертикальной плоскости осуществляется перемещением по трубке *3* противовеса *15*. Для фиксации его положения на трубке служит винт *17*. Предотвращение механического резонанса тонарма на низких частотах достигается демпфирующей прокладкой *16*, надетой на трубку *3*, на высоких — поливинилхлоридной трубкой *4*, плотно вставленной в нее по всей длине. Необходимое значение прижимной силы устанавливают, перемещая груз *21* по рычагу *18*, закрепленному в противовесе *15*. В нужном положении груз фиксируют еще одним винтом *17*.

Компенсатор скатывающей силы состоит из коромысла 10, стержня *14*, шелковой нити *12*, закрепленной на нем одним концом, и груза *11*. Момент, создаваемый скатывающей силой, компенсируется противонаправленным моментом, значение которого зависит (при заданной массе груза *11*) от расстояния между точкой крепления нити и вертикальной осью поворота тонарма. Коромысло *10* закреплено на внешней рамке *8* винтом *9* с шайбой *13* так, чтобы при установке звукоснимателя на середину пластинки угол между нитью *12* и осью стержня *14* был близок к 90°. Стержень *14* имеет кольцевые проточки, которые служат для фиксации положения нити на нем. Стержень ввинчен в резьбовое отверстие кронштейна *19*, закрепленного на внутренней рамке *22* двумя винтами *20*.

Наиболее ответственными деталями тонарма являются бобышки *5* и *40*, а также внутренняя рамка *22* поворотной ножки. От тщательности изготовления бобышек зависит размер необходимого угла коррекции, внутренней рамки — перпендикулярность и пересечение вертикальной и горизонтальной осей поворота тонарма. Изготовлять эти детали рекомендуется в следующем порядке.

Заготовки обоих бобышек вначале следует сделать одинаковыми — в виде правильных шестигранных призм. В процессе обработки граней необходимо следить за тем, чтобы они были перпендикулярны обоим основаниям и, кроме того, попарно параллельны. Параллельность граней легко контролировать на просвет между губками штангенциркуля при измерении размера 20 мм. Для контроля углов 120° и перпендикулярности граней основаниям можно использовать угломер, а также самодельные шаблоны, изготовленные из листового металла.

Отверстие в бобышке *5* под трубку тонарма *3* вначале рекомендуется просверлить сверлом диаметром 3—4 мм, а затем рассверлить несколькими сверлами большего диаметра, постепенно доводя его диаметр до необходимого. Затем в полученное отверстие плотно вставляют технологический стержень такого же диаметра, сверлят отверстия диаметром 2,5 мм и, удалив стержень, нарезают резьбу М3, используя только первый метчик (с одной кольцевой риской). Это необходимо для того, чтобы винты *24* ввинчивались в эти отверстия плотно, без люфтов.

Аналогично изготовляют отверстие под трубку тонарма и в бобышке *40*, после чего в ней сверлят отверстия диаметром 1,6 мм (под резьбу М2). Далее бобышку и планку *1* скрепляют струбцинкой и, используя отверстия в бобышке для направления сверла, сверлят в планке отверстия того же диаметра. Разъединив детали, в отверстиях бобышки нарезают резьбу М2, а отверстия в планке рассверливают до диаметра 2,2 мм и зенкуют под головки винтов *39*. После этого в бобышке сверлят отверстие диаметром 2,5 мм, нарезают в нем резьбу

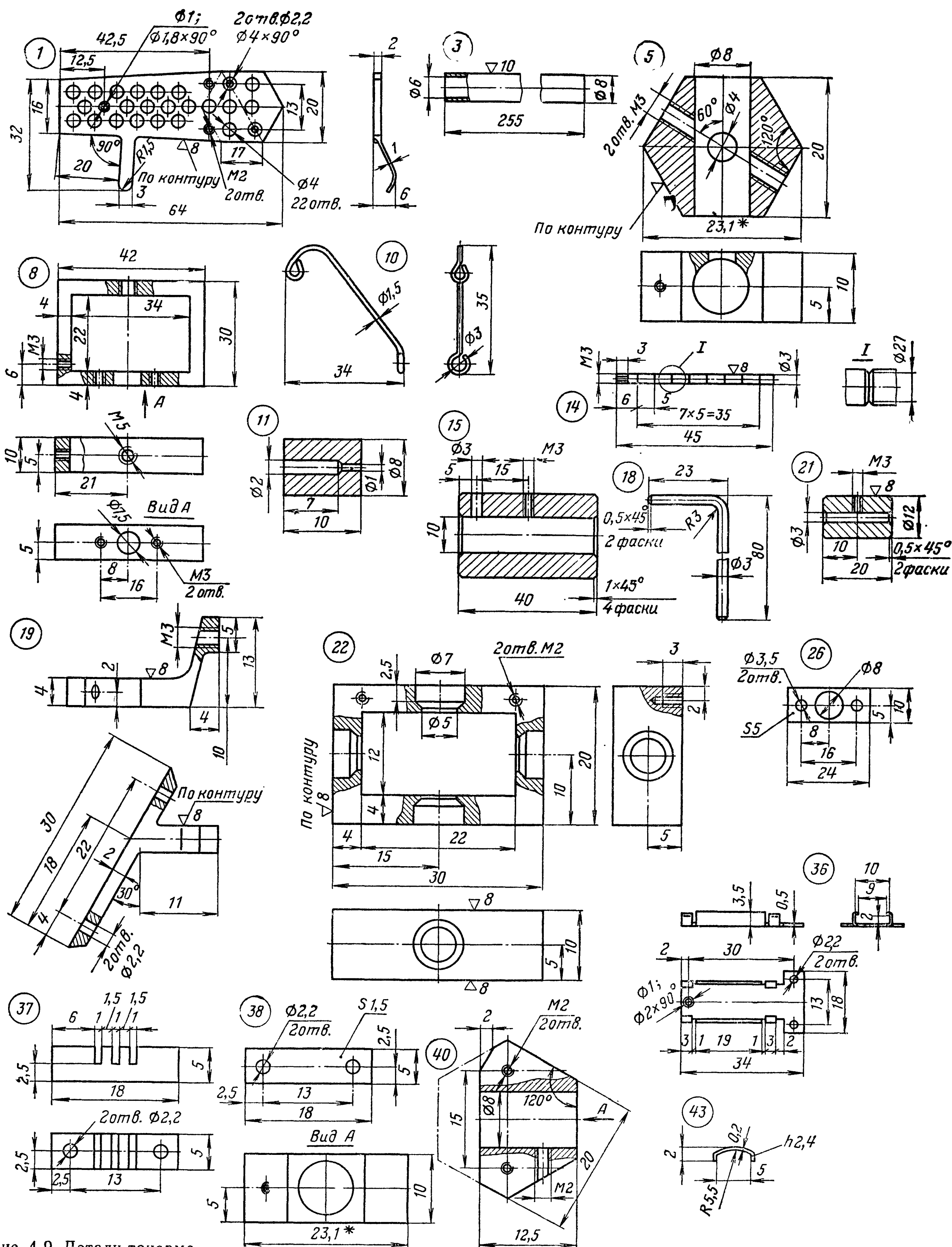


Рис. 4-9. Детали тонарма.

1 — планка, Д16-Т, торцы полировать; *3* — трубка тонарма, Д16-Т, полировать; *5*, *40* — бобышки, Д16-Т, полировать; *8*, *22* — рамки внешняя и внутренняя соответственно, Д16-Т, полировать; *10* — коромысло, Ст.4Х13 («серебрянка»), полировать; *11* — груз компенсатора скатывающей силы, ЛС59-1, никелировать, полировать; *14* — стержень, Ст.4Х13 («серебрянка»), полировать; *15* — противовес, ЛС59-1, никелировать, полировать; *18* — рычаг, Ст.14Х13 («серебрянка»), полировать; *19* — кронштейн, АМц (заготовка — равнобокий уголок 40×4 мм), полировать; *21* — груз, ЛС59-1, никелировать, полировать; *26* — фланец, Д16-Т, боковые поверхности полировать; *36* — направляющая, Л62-М, никелировать; *37* — колодка, гетинакс; *38* — планка, гетинакс; *43* — контакт, Бр.0Ф 6.5—0,15, 3 шт., серебрить.

М3 (под винт *45*) и, наконец, опиливают деталь до получения формы, показанной на рис. 4-9.

При изготовлении внутренней рамки *22* важно обеспечить перпендикулярность ее внешних граней по отношению друг к другу и к основаниям. Отверстия под шариковые подшипники вначале сверлят также сверлом диаметром 3—3,5 мм, причем каждую пару за один проход. Затем на глубину 2,5 мм их рассверливают до диаметра 7 мм, а оставшуюся часть — до диаметра 5 мм. Чтобы обеспечить плотную посадку подшипников в отверстиях диаметром 7 мм, сверлить их следует сверлом чуть меньшего диаметра, чем необходимо по чертежу. Во избежание ошибки надо взять несколько сверл, просверлить ими отверстия в таком же материале, что и материал рамки, и выбрать из них то сверло, которое обеспечивает нужный размер.

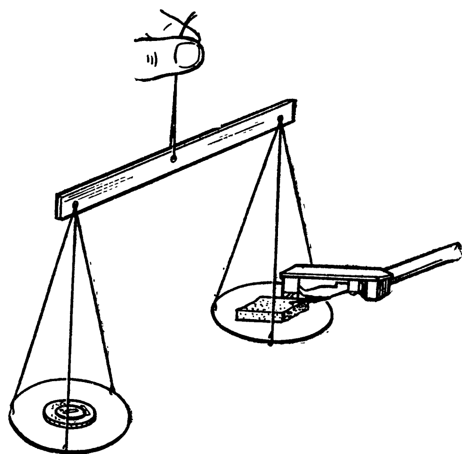


Рис. 4-10. Установка прижимной силы звукоснимателя с помощью самодельных весов.

Детали *11*, *15* и *21* могут иметь в сечении любую форму (квадрат, шестигранник), важно лишь, чтобы площадь сечения осталась неизменной. Направляющую *36* выгибают на оправке, имеющей такие же размеры, что и соответствующая часть корпуса головки звукоснимателя. Если есть возможность воспользоваться токарным станком, стойку поворотной ножки (дет. *26*, *28*, *29*) целесообразно изготовить в виде единой детали, используя для этого алюминиевый сплав Д16-Т. Все детали до сборки необходимо обработать (нанести гальваническое покрытие, отполировать) в соответствии с технологическими указаниями в подрисуночных подписях.

Сборку тонарма начинают с запрессовки трубки *3* в бобышку *5*. Сделать это надо так, чтобы расстояние от ее нижней (по рис. 4-8) грани до нижнего конца трубки составило 180 мм. Затем точно в центре бобышки и в трубке сверлят отверстия диаметром 4 мм (под соединительные провода), кромки которых как с наружной, так и внутренней стороны тщательно притупляют шабером, изготовленным из пришедшего в негодность трехгранного надфиля. Внутрь трубки тонарма плотно вставляют поливинилхлоридную трубку подходящего диаметра с предварительно вырезанным в ней отверстием под провода.

После этого собирают держатель головки. Вначале к планке *1* с помощью заклепки *35* с потайной головкой крепят направляющую *36*. После расклепки головку заклепки тщательно спиливают заподлицо с планкой и направляющей. Затем собирают гнездовую колодку, состоящую из собственно колодки *37*, планки *38* и трех контактов *43*, и крепят ее к планке *1* двумя винтами *41*. Соединительные провода (длиной около 400 мм) с предварительно зачищенными и облуженными концами пропускают сквозь отверстие в бобышке *5* и, вытянув их со стороны длинного конца трубки *3*, припаивают к контактам держателя головки. Затем планку *1* крепят к бобышке *40*, приклеивают на место накладку *2* и собранный таким образом держатель надевают на трубку *3*. Добившись параллельности оснований обеих бобышек (это нетрудно сделать, положив их на ровное стекло), держатель головки закрепляют на трубке *3* винтом *45*. Расстояние между обращенными друг к другу гранями бобышек должно быть равно 167,5 мм.

Шариковые подшипники перед сборкой необходимо тщательно очистить от консервирующей смазки промывкой в бензине или керосине. Запрессовывают их в отверстия внутренней рамки с помощью небольшого винтового пресса (обязательно через прокладку из плотного картона или текстолита) или тисков с параллельными губками. Рамку с подшипниками надевают на бобышку *5* и, пропустив через внутреннее кольцо нижнего (по рис. 4-8) подшипника соединительные провода, ввинчивают на место винты *24*, стремясь при этом к тому, чтобы бобышка *5* расположилась симметрично по отношению к стенкам рамки. Давление на подшипники регулируют так, чтобы трение в них было минимальным и в то же время отсутствовали заметные люфты. Отрегулировав этот узел поворотной ножки, подшипники смазывают часовым маслом (по одной-две капли на каждый), пропускают концы проводов через отверстия в нижней части внешней рамки *8* и стойке тонарма (дет. *26*, *28*, *29*), соединяют эти детали друг с другом винтами *27* и, наконец, ввинчивают установочный винт *7* с гайкой *6*. Изменяя положение стойки относительно рамки *8* (это нетрудно сделать при вывинченных примерно на одну четверть оборота винтах *27*) и регулируя давление на подшипники винтом *7*, добиваются легкого, но без люфтов, вращения тонарма вокруг вертикальной оси, после чего положение винта фиксируют гайкой *6* и окончательно затягивают винты *27*.

Далее резьбовой конец стержня *14* смазывают клеем БФ-2 и до отказа ввинчивают в кронштейн *19*, который затем двумя винтами *20* крепят к рамке *22*. Закрепив на внешней рамке коромысло *10*, на трубку тонарма плотно надевают резиновую трубку *16*, а на нее — противовес *15* с предварительно закрепленными на нем рычагом *18* и грузом *21*.

В таком виде тонарм закрепляют на панели электропроигрывателя и вставляют на место головку звукоснимателя. Поставив иглу на грампластинку и несколько ослабив винт *32*, подбирают такое положение поворотной ножки по высоте, чтобы трубка тонарма была параллельна плоскости пластинки. В этом положении тонарм закрепляют окончательно и переходят к его балансировке. Для этого груз *21* сдвигают к самому изгибу рычага *18* и, перемещая противовес *15*, уравновешивают обе части тонарма. Необходимую прижимную силу устанавливают, смещая груз *21* к концу рычага *18*. Для этой цели удобно использовать обычные аптекарские весы. При отсутствии таких весов можно воспользоваться простейшими самодельными. Для них потребуются обычные нитки, два круглых куска плотной бумаги и пластмассовая рейка длиной 120—150 мм с тремя отверстиями (рис. 4-10). На одну чашку весов кладут груз массой 4 г (например, медные монеты достоинством в 1 и 3 коп.), а на другую, через поролоновую прокладку, — иглу звукоснимателя. Перемещая груз *21* по рычагу *18*, добиваются равновесия весов и закрепляют груз в этом положении винтом *17*.

Компенсатор скатывающей силы лучше всего регулировать, установив иглу звукоснимателя на вращающийся лаковый диск или на диск из ровной фотопленки, положив последний поверх пластинки. Если поворотная ножка отрегулирована хорошо (трение в опорах достаточно мало), то при вращении диска проигры-

вателя тонарм будет быстро перемещаться к его центру, что свидетельствует о действии скатывающей силы. Подвесив груз *11* и подбирая место крепления нити *12* (на ее конце желательно сделать петлю) на стержне *14*, необходимо добиться того, чтобы тонарм оставался неподвижным при установке иглы на середину зоны записи пластинки (примерно 110 мм от ее центра).

Для неискаженного воспроизведения стереофонических записей важно также, чтобы игла звукоснимателя не была перекошена по отношению к стенкам канавки грампластинки. При перекосе иглы (когда она не перпендикулярна к плоскости пластинки) баланс стереоканалов нарушается и звуковая картина смещается из середины в сторону одного из громкоговорителей. К сожалению, у многих головок ГЗКУ-631Р игла оказывается перекошенной. Устранить этот дефект можно двумя способами: либо поворотом (вокруг оси) иглодержателя, либо введением прокладки между корпусом головки и рычажком, с помощью которого осуществляется смена иглы при воспроизведении обычных и долгоиграющих пластинок. О правильном положении иглы по отношению к стенкам канавки легче всего судить при прослушивании испытательной стереофонической пластинки с отдельными записями для левого и правого каналов. Если перекоса нет, то запись, выполненная только по одному каналу, будет воспроизводиться также по одному каналу, одноименному с каналом записи. При перекосе иглы переходное затухание между каналами ухудшается и звук смещается к середине базы громкоговорителей.

Генератор для питания электродвигателя ЭПУ

Качество воспроизведения современной высококачественной грамзаписи в значительной степени определяется такими параметрами электропроигрывающего устройства, как уровень механических помех от двигателя и нестабильность его частоты вращения. Одним из радикальных путей улучшения этих параметров является применение низкоскоростных синхронных электродвигателей. Однако такие электродвигатели радиолюбителям, как правило, недоступны. Существует еще один путь, заключающийся в том, что для привода диска проигрывателя используется обычный асинхронный двигатель (например, от магнитофона), питаемый напряжением пониженной частоты от специального генератора. В этом случае также достигаются высокие значения указанных параметров, а попутно решается и еще одна немаловажная задача — упрощается кинематическая схема проигрывающего устройства. Действительно, снижение частоты вращения двигателя позволяет обойтись одной ступенью передачи вращения от насадки на валу двигателя к диску, а изменение частоты его вращения достигается простым переключением частотозадающих цепей генератора.

Описываемый ниже генератор для питания двигателя КД-3,5А (рис. 4-11) разработан московским радиолюбителем М. С. Пыжиковым. Генератор вырабатывает электрические колебания синусоидальной формы двух фиксированных частот 20 Гц (33 $^1/_3$ об/мин) и 27 Гц (45 об/мин). Нестабильность частоты колебаний при изменении температуры окружающей среды от 10 до 50° С не превышает ±0,5%. Действующее значение напряжения на выходе генератора составляет 30 В±0,5%. Ток, потребляемый генератором от выпрямителя, не превышает 300 мА.

Как видно из схемы, генератор представляет собой мощный операционный усилитель, охваченный цепями положительной и отрицательной обратных связей. Первый каскад генератора — дифференциальный усилитель, собранный на транзисторах T_1 и T_2. За ним следует усилительный каскад на транзисторе T_3, затем — предоконечный фазоинвертирующий каскад на транзисторах

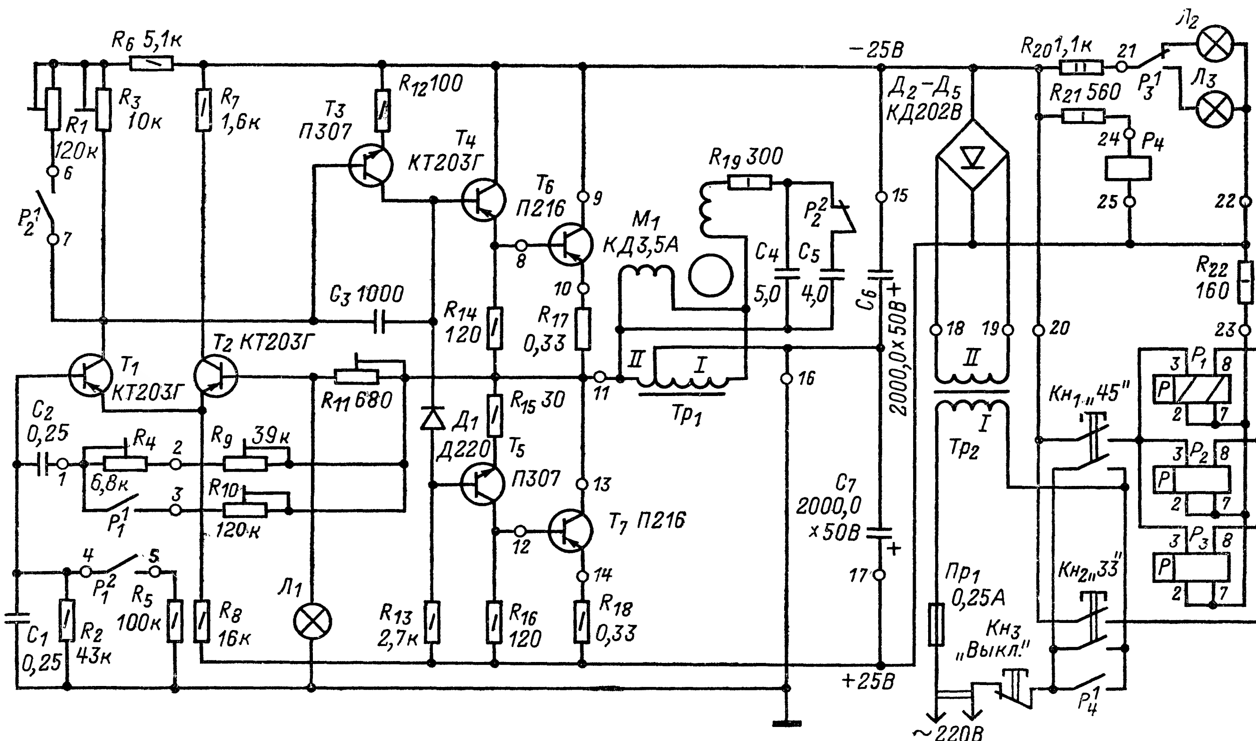


Рис. 4-11. Принципиальная схема генератора.

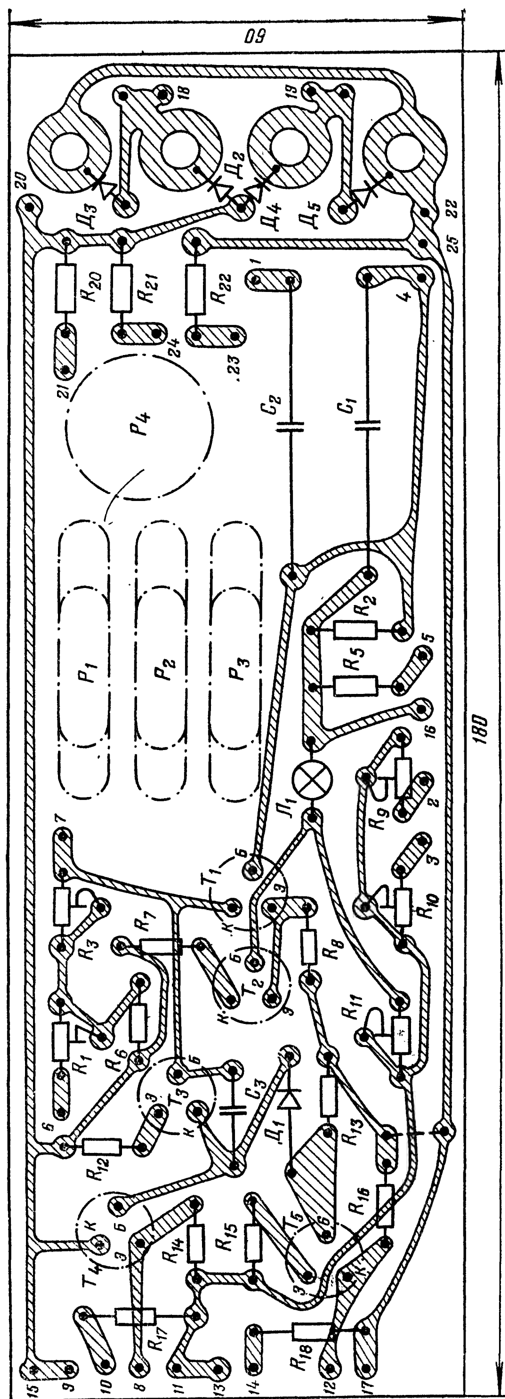


Рис. 4-12. Печатная плата и схема соединений генератора.

разной структуры T_4 и T_5 и, наконец, мощный оконечный каскад на транзисторах T_6 и T_7. Цепь положительной обратной связи, превращающей усилитель в генератор электрических колебаний, состоит из резисторов R_2, R_4, R_5, R_9, R_{10} и конденсаторов C_1 и C_2, образующих частотоизбирательный делитель напряжения (мост Вина). Напряжение этой обратной связи снимается с выхода оконечного каскада (коллектор транзистора T_7) и подается на неинвертирующий вход дифференциального усилителя (база транзистора T_1). На частоте 20 Гц (контакты реле P_1 в положениях, показанных на схеме) частотозадающая цепь состоит из упомянутых конденсаторов, резистора R_2 и введенных частей подстроечных резисторов R_4 и R_9. На частоте 27 Гц (контакты реле P_1 замкнуты) параллельно резисторам R_4 и R_9 оказывается подключенным подстроечный резистор R_{10}, а параллельно резистору R_2 — резистор R_5.

Цепь отрицательной обратной связи, корректирующей форму выходного напряжения и одновременно стабилизирующей его, состоит из подстроечного резистора R_{11} и миниатюрной лампочки накаливания $Л_1$. Нетрудно видеть, что эти два элемента образуют делитель выходного напряжения, часть которого (с лампочки $Л_1$) подается на инвертирующий вход дифференциального каскада (база транзистора T_2). Благодаря нелинейности вольт-амперной характеристики лампочки $Л_1$ напряжение смещения на базе транзистора T_2 при изменении выходного напряжения меняется так, что его амплитуда и форма поддерживаются постоянными.

Нагрузкой генератора служит подключенный к его выходу через согласующий автотрансформатор $Тр_1$ электродвигатель M_1. Фазосдвигающая цепь электродвигателя состоит из резистора R_{19} и конденсаторов C_4 и C_5. Питается генератор постоянным напряжением, снимаемым с выпрямительного моста на диодах $Д_2$—$Д_5$. Так как для питания дифференциального каскада необходим биполярный источник напряжения, фильтр выпрямителя составлен из двух электролитических конденсаторов — C_6 и C_7, точка соединения которых служит общим проводом генератора.

Включение и выключение генератора, а также изменение частоты генерируемых колебаний осуществляются с помощью кнопок $Кн_1$—$Кн_3$ и реле P_1—P_4. При нажатии на кнопку $Кн_2$ («33») первичная обмотка трансформатора питания $Тр_2$ подключается к сети. На выходе выпрямителя появляется постоянное напряжение и реле P_4, подключенное к выпрямителю через ограничительный резистор R_{21}, срабатывает. Его контакты P_4^1 блокируют нижнюю (по схеме) пару контактов кнопки $Кн_2$, поэтому если ее теперь отпустить, то генератор останется подключенным к сети. При нажатой кнопке напряжение с выхода выпрямителя через ее верхние, по схеме, контакты подается на правые, по схеме, обмотки двухобмоточных поляризованных реле P_1—P_3 и их контакты переходят в положения, показанные на схеме. Как уже говорилось, частота генерируемых колебаний в этом случае равна 20 Гц. Для индикации включенного режима служит лампочка $Л_2$, подсвечивающая пластмассовую (прозрачную) часть кнопки $Кн_2$ (можно использовать и специальное табло с цифрами «33»). Резисторы R_{20} и R_{22} ограничивают ток через индикаторные лампочки и обмотки поляризованных реле P_1—P_3.

Для перехода на скорость 45 об/мин нажимают кнопку $Кн_1$. Ее верхние по схеме контакты замыкают цепь питания левых (также по схеме) обмоток реле P_1—P_3 и они переключаются. В результате резисторы R_4 и R_9 шунтируются резистором R_{10}, а резисторы R_3 и R_2 — соответственно резисторами R_1 и R_5. Иными словами, сопротивления частотозадающей цепи уменьшаются и частота генератора увеличивается до 27 Гц. Одновременно вместо лампочки $Л_2$ включается лампочка $Л_3$, подсвечивающая кнопку $Кн_1$, а конденсатор C_5 отключается от фазосдвигающей обмотки электродвигателя M_1. Для выключения генератора достаточно нажать кнопку $Кн_3$. Ее контакты разрывают цепь первичной обмотки трансформатора питания $Тр_2$, реле P_4 отпускает и его контакты возвращаются в исходное положение.

Генератор смонтирован на печатной плате (рис. 4-12), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На ней размещены все детали, кроме трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$, транзисторов T_6 и T_7, кнопок $Кн_1$—$Кн_3$, конденсаторов C_4—C_7, лампочек $Л_2$, $Л_3$ и подстроечного резистора R_4. Последний закрепляют под панелью проигрывателя с таким расчетом, чтобы к его оси был обеспечен свободный доступ. Транзисторы оконечного каскада T_6 и T_7 необходимо устано-

вить на дюралюминиевых радиаторах площадью не менее 100 см^2. Еще лучше закрепить транзисторы на основной панели проигрывателя (она, как правило, изготовляется из листового дюралюминия толщиной 5—6 мм). В этом случае для изоляции транзисторов от панели необходимо использовать прокладки из слюды или полиэтилентерефталата (лавсана), а крепежные винты пропустить через текстолитовые шайбы.

В качестве сердечника автотрансформатора $Тр_1$ использован витой разрезной магнитопровод ШЛ16×32 из стали Э320. Обмотка I содержит 810 витков провода ПЭВ-2 0,41, обмотка II — 320 витков провода ПЭВ-2 0,67. Трансформатор питания $Тр_2$ намотан также на витом разрезном магнитопроводе, но типоразмера ШЛ20×20. Первичная обмотка при питании от сети напряжением 220 В должна содержать 2200 витков провода ПЭВ-2 0,31, при питании от 127 В — 1270 витков того же провода. Во вторичной обмотке (38 В) — 380 витков провода ПЭВ-2 0,74.

Остальные детали, примененные в генераторе, следующие. Резисторы — МЛТ-0,25, МЛТ-1 и МЛТ-2, подстроечные резисторы СП3-1 (R_1, R_3, R_9, R_{10}, R_{11}), СП3-9а (R_4); резисторы R_{17} и R_{18} — проволочные. Конденсаторы C_1 и C_2 — МБМ, C_3 — К10-7В, C_4 и C_5 — МБГО, C_6 и C_7 — К50-3Б. Поляризованные реле P_1—P_3 — РПС-20, реле P_4 — РЭС-9 (паспорт РС4.524.200). Лампочки $Л_1$—$Л_3$—НСМ-9-60 (9 В; 60 мА). Кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$ — КМ2-1, $Кн_3$—КМ1-1.

При отсутствии транзисторов, указанных на схеме, в генераторе можно использовать транзисторы П308, КТ315В (T_3, T_5), П214, П217 (T_6, T_7) и МП26 (T_1, T_2, T_4). Диоды КД202В можно заменить диодами Д242А, Д242Б. Коммутацию цепей генератора можно выполнить и без поляризованных реле, применив кнопочные переключатели (например, П2К) или тумблеры. В этом случае вместо кнопки $Кн_3$ целесообразно использовать отдельный выключатель питания.

Налаживание генератора следует начинать с настройки его на частоту 20 Гц. Для этого движок резистора R_{11} устанавливают в левое (по схеме) положение и нажимают кнопку $Кн_2$. Убедившись, что необходимые переключения произошли (зажглась лампочка $Л_2$), изменяют сопротивление введенной части подстроечного резистора R_3 до получения на коллекторе транзистора T_7 напряжения, равного половине напряжения питания. Добившись этого, к крайним выводам обмотки автотрансформатора $Тр_1$ подключают вход усилителя вертикального отклонения осциллографа. Далее, медленно увеличивая сопротивление введенной части подстроечного резистора R_{11}, добиваются возникновения генерации (лампочка $Л_1$ начнет чуть заметно мигать). Установив движок резистора R_4 в среднее положение, изменяют сопротивление введенной части резистора R_9 до тех пор, пока частота генерируемых колебаний не станет равной 20 Гц. Измерить эту частоту можно либо методом фигур Лиссажу (подав на вход усилителя горизонтального отклонения осциллографа напряжение частотой 50 Гц), либо по стробоскопическому диску со 180 рисками, надетому поверх грампластинки на диск проигрывателя и подсвеченному неоновой лампой, питаемой от сети переменного тока частотой 50 Гц.

Настроив генератор на требуемую частоту, изменяют в небольших пределах сопротивления резисторов R_3 и R_{11}, стремясь к тому, чтобы форма колебаний на экране осциллографа была возможно более близкой к синусоидальной. Размах колебаний (двойная амплитуда) должен быть не менее 85 В, что соответствует эффективному напряжению 30 В.

Настройка генератора на частоту 27 Гц после нажатия кнопки $Кн_1$ заключается в подборе сопротивлений подстроечных резисторов R_1 и R_{10}. Движки резисторов R_3, R_4, R_9 и R_{11} должны оставаться в прежнем положении.

Окончательно генератор настраивают в проигрывателе по стандартному стробоскопическому диску. Для установки частоты вращения диска проигрывателя, равной 33$^1/_3$ об/мин, число стробоскопических рисок должно быть равно 180, для частоты 45 об/мин — 130. На этом этапе регулировки частоту генератора изменяют подстроечным резистором R_4, ось которого, как уже говорилось, должна быть выведена на лицевую панель проигрывателя.

При необходимости описанный генератор можно использовать и для питания других маломощных асинхронных электродвигателей (например, АД-5 от магнитофонов серии «Яуза»), однако в этом случае потребуется подбор конденсаторов C_4 и C_5.

Любительский электропроигрыватель

Проигрыватель является одним из важнейших элементов систем высококачественного звуковоспроизведения. От качества его работы зависит качество работы всей системы. Действительно, такие явления, как детонация, помехи от вибраций движущего механизма, искажения, обусловленные несовершенством механизма перемещения иглы звукоснимателя по пластинке, невозможно исправить последующими звеньями воспроизводящего тракта. Именно этим объясняется тот интерес, который радиолюбители, занимающиеся высококачественным воспроизведением грамзаписи, проявляют к конструированию электропроигрывающих устройств. Одна из таких конструкций, разработанная московским радиолюбителем А. П. Майоровым, описывается ниже. На конкурсе «СССР — 50 лет», проведенном редакцией журнала в 1972 г., за разработку этой конструкции А. П. Майоров был удостоен поощрительной премии.

Описываемый электропроигрыватель отвечает требованиям, предъявляемым к аппаратам высокого класса, и предназначен для воспроизведения моно- и стереофонических записей с грампластинок любого формата. Проигрыватель имеет две частоты вращения диска — 33$^1/_3$ и 45 об/мин. Время установления номинального значения любой из этих частот не превышает 2 с, долговременная нестабильность и неравномерность частоты вращения — соответственно ±1 и 0,15%, пределы регулирования (относительно номинального значения) ±2,5%. Уровень вибраций по отношению к колебательной скорости 3,5 см/с на частоте 1000 Гц — около —30 дБ, уровень помех на выходе (относительно 1 В) —около —66 дБ. Рабочая длина примененного в проигрывателе тонарма и его установочная база — стандартные для тонармов удлиненного типа (соответственно 231 и 215 мм), угол коррекции — 22°30′. Головка звукоснимателя — пьезоэлектрическая, типа ГЗКУ-631Р (применяется в IIЭПУ-52С). Диапазон воспроизводимых частот 20—16 000 Гц при неравномерности частотной характеристики ±3 дБ. Размеры электропроигрывателя 430×324×170 мм.

Особенностью описываемого аппарата является применение для питания электродвигателя специального низкочастотного генератора, вырабатывающего колебания синусоидальной формы двух фиксированных частот: 20 и 27 Гц. Это дало возможность изменять частоту вращения диска чисто электрическим путем, а уменьшение частоты питающего напряжения позволило намного снизить вибрации, создаваемые двигателем.

Устройство узла привода диска показано на рис. 4-13. При работе проигрывателя вращение от насадки *23* на валу электродвигателя *25* передается посредством пассика *36* диску проигрывателя *20*. Двигатель жестко закреплен на несущей панели *22*. На ней же, с помощью винтов М3×10 закреплены три стакана *29*, образующих вместе с пружинами *27* и стойками *26*

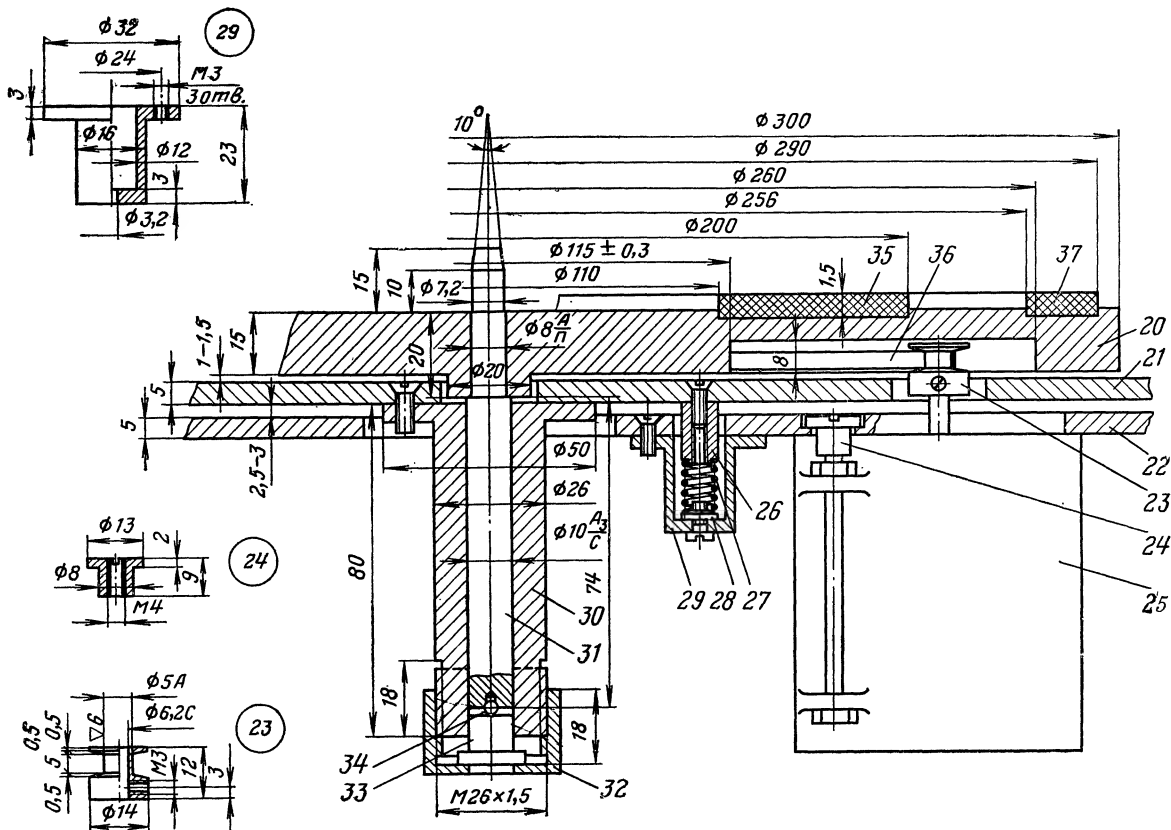


Рис. 4-13. Узел привода проигрывателя.

20 — диск проигрывателя, Д16-Т, полировать; *21* — панель верхняя, Д16-Т, красить нитроэмалью черного цвета; *22* — панель несущая, Д16-Т, закрепить в корпусе винтами М4×10; *23* — шкив-насадка, ЛС59-1, закрепить на валу электродвигателя *25* винтом М3×5; *24* — гайка фигурная, Ст20, 3шт.; *25*—электродвигатель КД-3,5; *26* — стойка, ЛС59-1, 3 шт.; закрепить на дет. *21* винтами М3×10; *27* — пружина, проволока стальная класса I диаметром 1 мм; *28* — стойка, ЛС59-1, 3 шт., закрепить на дет. *29* винтами М3×6; *29* — стакан, Д16-Т, 3 шт., закрепить на дет. *22* винтами М3×10; *30* — втулка, Бр.КМц3-1, закрепить на дет. *21* винтами М4×10; *31* — вал, Ст.45, калить HRC48—52; *32* — гайка, ЛС59-1; *33* — подпятник, Ст.45; *34* — шарик стальной диаметром 3 мм; *35*, *37* — кольца, резина губчатая толщиной 5 мм, клеить к дет. *20* клеем 88Н; *36* — пассик резиновый (от магнитофона «Романтик»). Детали 26—28 соединить между собой пайкой (припой ПОС-40).

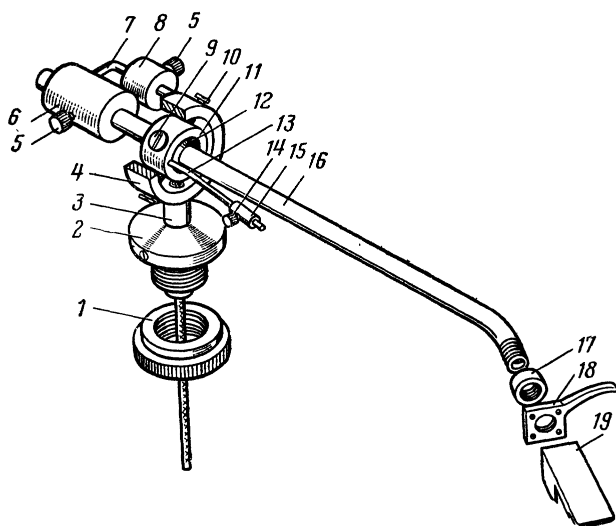


Рис. 4-14. Устройство тонарма.

1 — гайка; *2* — основание; *3* — стойка; *4* — кольцо большое; *5*, *14* — винты; *6* — противовес большой; *7* — стержень; *8* — противовес малый; *9*, *10* — винты специальные; *11* — кольцо малое; *12* — кольцо; *13* — стержень компенсатора скатывающей силы; *15* — грузик; *16* — трубка тонарма; *17* — гайка; *18* — планка; *19* — держатель головки.

и *28* амортизаторы верхней панели *21*, на которой установлены втулка *30*, тонарм и механизм управления работой проигрывателя, состоящий из переключателя частоты вращения диска и микролифта. Во втулке *30* вращается вал *31* с напрессованным на него диском *20*. Вал опирается на стальной шарик *34*, а он, в свою очередь, на пяту *33*. Регулировка положения диска по высоте осуществляется гайкой *32*, перемещающейся по резьбе на втулке *30*.

Тонарм, примененный в описываемом проигрывателе (рис. 4-14), представляет собой законченный в конструктивном отношении узел, который крепится на панели *21* с помощью гайки *1*, навинчиваемой на резьбовую часть основания *2*. В последнем с помощью стопорного винта закреплена полая стойка *3*, на верхнем конце которой закреплено большое кольцо *4*. В два других отверстия этого кольца вставлены миниатюрные шариковые подшипники 2 000 083 (7×3×2,5 мм). Сквозь внутренние кольца подшипников пропущены специальные винты *10*, ввинченные в резьбовые отверстия малого кольца *11*, в котором также имеются два отверстия под шариковые подшипники указанного типа. Через их внутренние кольца пропущены винты *9*, ввинченные в отверстия кольца *12*, жестко закрепленного на трубке тонарма *16*. Таким образом, рабочее движение тонарма при воспроизведении грамзаписи складывается из двух вращательных движений вокруг взаимноперпендикулярных осей, развернутых по отношению к вертикальной оси на угол 45°.

Держатель головки звукоснимателя, состоящий из собственно держателя *19* и планки *18*, закреплен на изогнутом конце трубки тонарма *16*. Положение держателя на трубке фиксируется гайкой *17*. В держателе *19* смонтирована гнездовая часть разъема, с помощью которого головка соединена с предварительными усилителями левого и правого каналов. Контактами разъема служат гнезда от семиштырьковой панели для радиоламп пальчиковой серии. Средний вывод головки электрически соединен с общим проводом проигрывателя непосредственно в держателе. Со входами усилителей головка соединена тремя гибкими многожильными проводами во фторопластовой изоляции. На участке от полой стойки *3* до разъема, с помощью которого звукосниматель соединен со входом усилителя, провода экранированы. Экранирующая оплетка электрически соединена только с корпусом этого разъема. Поверх оплетки надета поливинилхлоридная трубка, которая с помощью клея закреплена в стойке *3*.

Для балансировки тонарма и установки необходимой прижимной силы (начиная с 15—20 мН) служат большой *6* и малый *8* противовесы, первый из которых крепится непосредственно на трубке тонарма, а второй — на Г-образном стержне *7*, вклеенном в отверстие первого. Компенсатор скатывающей силы, вызывающей искажения сигнала правого канала при воспроизведении стереофонических записей, состоит из грузика *15* и стержня *13*, закрепленного в малом кольце *11*. Положение грузика на стержне фиксируется винтом *14*.

Включение проигрывателя, изменение частоты вращения диска, а также плавный подъем и опускание головки звукоснимателя на пластинку производятся с помощью механизма, устройство которого показано на рис. 4-15. Он состоит из основания *41* с запрессованными в него тремя осями *42*, ручек *39*, *40* и рычага *43* со втулкой *51*, которые могут поворачиваться на них, и трех контактных групп (на рисунке условно не показаны). Ручка *39* служит для включения питания двигателя и управления микролифтом. При переводе этой ручки из левого (по рисунку) положения в правое штифт *48* поворачивается по часовой стрелке и планка *43* под действием пружины *38* изменяет свое положение так, что ее левый конец поднимается, а правый опускается. В результате опускается стойка *44* с планкой *46*, на которой лежит тонарм, и игла звукоснимателя входит в соприкосновение с канавкой грампластинки. Под ручкой *40* смонтированы контакты включателя сетевого питания и переключателя частоты вращения диска.

Изготовляя детали проигрывателя, необходимо учесть, что ряд из них целиком определяет качество будущего аппарата. К ним относятся диск *20*, который должен иметь минимальные биения, вал *31* и втулка *30* (первый должен вращаться во второй без заметного люфта), насадка *23* (она также должна иметь минимальные биения) и детали тонарма *4*, *11*, *12* и *16*. Последние рекомендуется изготовлять в такой последовательности. Вначале делают трубку тонарма *16* (рис. 4-16). Для этого на одном из концов заготовки длиной около 300 мм нарезают резьбу M8×1. На расстоянии 57 мм от этого же конца на трубке цветным карандашом делают кольцевую отметку. После этого трубку заполняют мелким хорошо просушенным речным песком и затыкают оба ее конца деревянными пробками. Смазав участок возле отметки хозяйственным мылом, трубку кладут на электрическую плитку. Дождавшись почернения мыла, на оба конца трубки надевают теплоизоляторы (деревянные бруски сечением 20×20 и длиной 100—150 мм со сквозным отверстием диаметром 8,5 мм) с таким расчетом, чтобы от карандашной отметки до них было не более 15—20 мм. В качестве оправки, вокруг которой изгибают трубку, можно использовать стальной или латунный пруток диаметром 15—25 мм, закрепив его в тисках. Угол изгиба контролируют с помощью угломера. Для окончательной обработки удобно использовать шаблон, представляющий собой чертеж детали в натуральную величину, выполненный на миллиметровой бумаге. Нарезав резьбу на необходимую длину, концы трубки обрезают до получения размеров, указанных на рис. 4-16.

На готовую трубку плотно насаживают с клеем кольцо *12*, которое на этой стадии должно представлять собой пустотелый цилиндр с внешним диаметром 10 мм. Таким же должен быть и первоначальный диаметр отверстия в малом кольце *11*. Диаметр отверстия в большем кольце *4* следует сделать равным 22 мм. Перечисленные детали должны плотно вставляться друг в друга.

Дальнейшую обработку деталей ведут совместно в последовательности, показанной на рис. 4-17. Вначале кольцо *4* с вставленным в него кольцом *11* закрепляют в патроне делительной головки фрезерного станка и сверлят в них сквозные отверстия диаметром 2,5 мм (рис. 4-17, *а*). Затем головку поворачивают на угол 45°, сверлят отверстие диаметром 4,5 мм и фрезеруют вокруг него площадку размером 10 мм (рис. 4-17, *б*). После этого кольцо *11* извлекают, а кольцо *4* возвращают

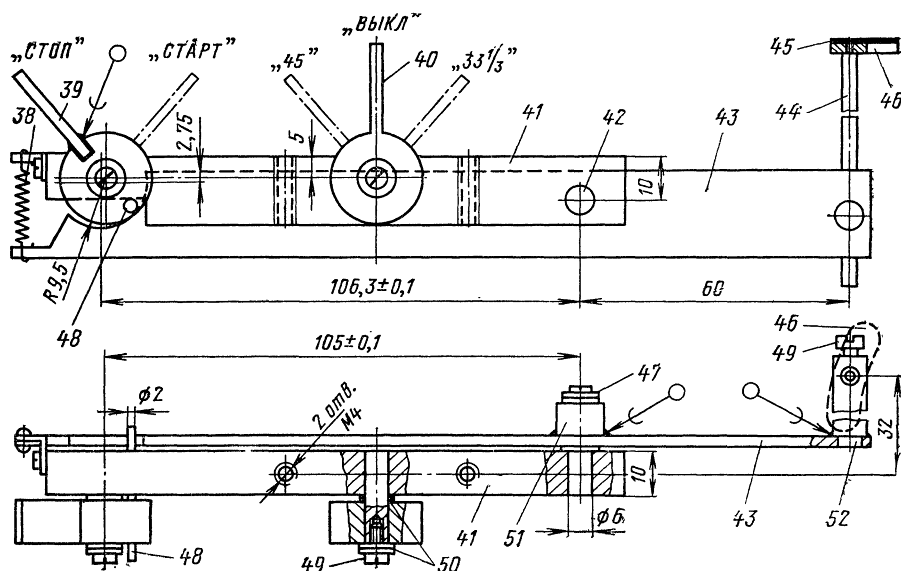


Рис. 4-15. Механизм управления работой электропроигрывателя.

38 — пружина, проволока стальная класса II диаметром 0,3 мм; *39* — ручка управления микролифтом, ЛС59-1, после пайки хромировать; *40* — ручка выключения электропроигрывателя и переключения частоты вращения диска, ЛС59-1, после пайки хромировать; *41* — основание, Д16-Т; *42* — ось, Ст. 20, 3 шт., запрессовать в дет. *41*; *43* — рычаг микролифта, Ст. 10кп; *44* — стойка, Ст.4Х13 диаметром 3 мм («серебрянка»), расклепать в дет. *46*; *45* — накладка, байка, приклеить к дет. 46 клеем БФ-6; *46* — планка, ЛС59-1, хромировать; *47* — шайба, Ст. 10кп, 3 шт.; *48* — штифт, Ст. 20, запрессовать в дет. *39*; *49* — винт M3×8, 4 шт.; *50* — шайба, фторопласт, 6 шт.; *51* — втулка, ЛС59-1, паять к дет. *43*; *52* — держатель, ЛС59-1, паять к дет. *43*.

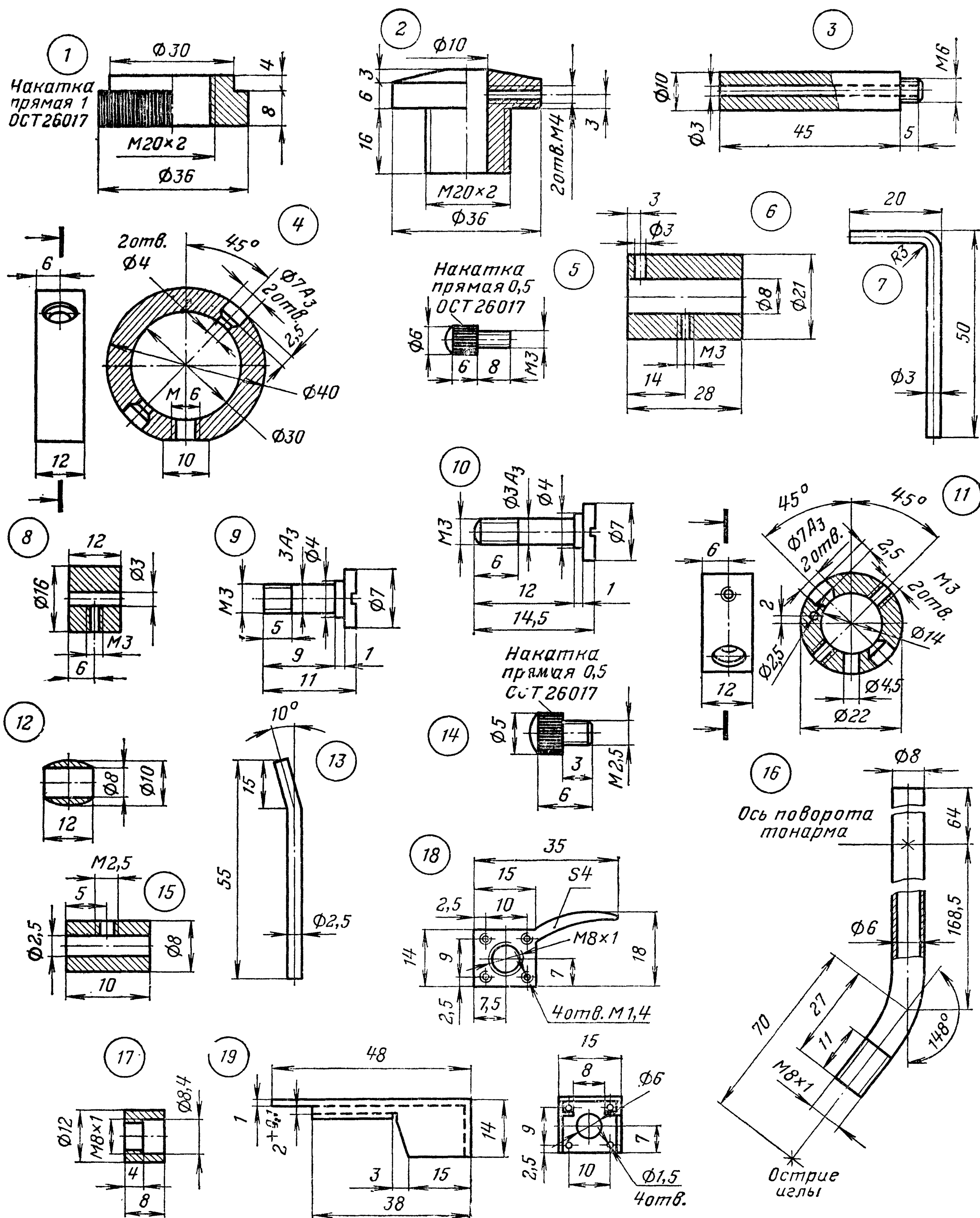


Рис. 4-16. Детали тонарма.

1 — гайка, Д16-Т; *2* — основание, Д16-Т, полировать; *3* — стойка, Д16-Т, полировать; *4* — кольцо большое, Д16-Т, полировать; *5* — винт, ЛС59-1, хромировать; *6* — противовес большой, ЛС59-1, хромировать; *7* — стержень, Ст. 4Х13, полировать, закрепить в дет. *6* эпоксидным клеем; *8* — противовес малый, ЛС59-1, хромировать; *9* — винт специальный, ЛС59-1, хромировать, 2 шт.; *10* — винт специальный, ЛС59-1, хромировать, 2 шт.; *11* — кольцо малое, Д16-Т, полировать; *12* — кольцо, Д16-Т, приклеить к дет. *16* эпоксидным клеем; *13* — стержень компенсатора скатывающей силы, Ст. 4Х13, полировать, закрепить в дет. *11* эпоксидным клеем; *14* — винт, ЛС59-1, хромировать; *15* — грузик, ЛС59-1, хромировать; *16* — трубка тонарма, Д16-Т, полировать; *17* — гайка, Д16-Т, полировать; *18* — планка, Д16-Т, полировать; *19* — держатель головки, Л62-М, закрепить на дет. *18* четырьмя винтами М1,4×4.

в первоначальное положение (рис. 4-17, *в*). Просверленные ранее отверстия рассверливают до диаметра 4 мм, а затем делают углубления (под шариковые подшипники) диаметром 7А и глубиной 2,5 мм. В последнюю очередь нарезают резьбу М6 и растачивают отверстие диаметром 22 мм до диаметра 30 мм.

После этого в патроне делительной головки закрепляют кольцо *11* так, чтобы ось отверстий диаметром 2,5 мм заняла вертикальное положение. Повернув го-

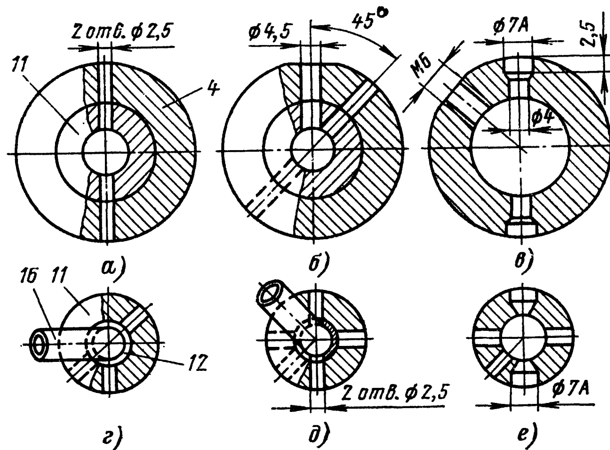


Рис. 4-17. Последовательность сверления отверстий в деталях тонарма.

а — сверление сквозных отверстий диаметром 2,5 мм в кольцах *4* и *11*; *б* — сверление отверстия под резьбу М6 в кольце *4* и отверстия под провода в кольце *11*; *в* — рассверливание отверстий под шариковые подшипники в кольце *4*; *г* — взаимное положение кольца *11* и трубки *16* с кольцом *12* перед последующей обработкой; *д* — сверление сквозных отверстий диаметром 2,5 мм; *е* — рассверливание отверстий под шариковые подшипники в кольце *11*.

ловку на угол 45°, в кольцо вставляют трубку тонарма (рис. 4-17, *г*), поворачивают головку еще на 45° (рис. 4-17, *д*) и сверлят еще два сквозных отверстия диаметром 2,5 мм. Удалив трубку, их рассверливают до диаметра 7А (рис. 4-17, *е*), а в отверстиях кольца *12* и трубки *16* нарезают резьбу М3, используя только первый метчик (это необходимо для плотного крепления винтов *9*). Затем отверстие в кольце *11* растачивают до диаметра 14 мм и тем же метчиком нарезают резьбу в его отверстиях диаметром 2,5 мм (под винты *10*). В последнюю очередь распиливают до возможно большего диаметра отверстие в кольце *12* и трубке *16* под провода, соединяющие головку звукоснимателя с усилителем, закрепляют длинный конец трубки в патрон токарного станка и придают кольцу *12* форму, показанную на рис. 4-16.

Перед сборкой тонарма в отверстии диаметром 3 мм большого противовеса *6* с помощью эпоксидного клея закрепляют стержень *7* так, чтобы расстояние между осями противовеса *6* и стержня *7* было не менее 24 мм. Этим же клеем соединяют между собой малое кольцо *11* и стержень *13*, конец которого должен быть максимально удален от оси кольца.

Собирают тонарм в такой последовательности. Вначале с помощью четырех винтов М1,4×4 соединяют друг с другом держатель *19* и планку *18*. На трубку тонарма навинчивают гайку *17*, а вслед за ней собранный держатель. Вставив на место головку звукоснимателя, измеряют расстояние от его иглы до оси резьбовых отверстий на другом конце трубки и, постепенно перемещая держатель с головкой по резьбе, добиваются того, чтобы оно стало равным рабочей длине тонарма (231±0,5 мм). В этом положении держатель закрепляют гайкой *17*, а головку удаляют. Затем в отверстия в кольце *12* и трубке *16* пропускают провода и со стороны держателя головки припаивают к ним контакты от ламповой панели. Противоположные концы проводов пропускают через отверстие диаметром 4,5 мм в кольце *11* (с предварительно запрессованными в него шариковыми подшипниками) и надевают кольцо на трубку тонарма. Потом через внутренние кольца подшипников пропускают винты *9* и ввинчивают их в кольцо *12*, стремясь к тому, чтобы зазор между ним и кольцом *11* был одинаков со всех сторон. После этого в кольцо *4* на клее ввинчивают стойку *3*, а в отверстия диаметром 7 мм запрессовывают еще два шариковых подшипника. Надев затем это кольцо на собранный узел, соединяют их друг с другом винтами *10*, стремясь и в этом случае обеспечить одинаковый зазор, но теперь уже между кольцами *4* и *11*.

Собирая тонарм, необходимо помнить, что одинаково недопустимы как люфт в узлах поворота, так и их тугой ход. Затягивать винты *9* и *10* надо так, чтобы при отсутствии заметных люфтов баланс тонарма (его достигают перемещением противовесов *6* и *8*) нарушался при смещении малого противовеса *8* от положения равновесия не более чем на ±3 мм. Отрегулировав узел поворота, положение винтов *9* и *10* фиксируют каплями жидкой нитрокраски, аккуратно нанося ее на выступающие части резьбы.

Отрегулированный тонарм закрепляют на панели *21* (рис. 4-18) с установленными к этому времени на ней узлом диска и механизмом управления. Положение тонарма по высоте регулируют перемещением стойки *3* в основании *2* так, чтобы при воспроизведении грамзаписи плоскости изгиба трубки тонарма и пластинки были параллельны.

Регулировка механизма управления работой проигрывателя сводится к обеспечению необходимого подъема тонарма и четкой работы контактных групп. При переводе ручки *39* в положение «Стоп» стойка *44* с планкой *46* должна подниматься на 0,8—1,2 мм, что соответствует подъему иглы над пластинкой на 8—12 мм. Высоту подъема изменяют подгибанием штифта *48*. Необходимое положение планки *46* подбирают, установив иглу звукоснимателя на пластинку, а ручку *39* — в положение «Старт». Стойку *44* закрепляют так, чтобы между накладкой *45*, приклеенной к планке *46*, и трубкой тонарма был зазор примерно 0,5—0,6 мм. В этом случае игла будет касаться пластинки при повороте ручки примерно на три четверти ее рабочего угла. Контакты же включения питания двигателя, установленные под этой ручкой, должны замыкаться в самом начале ее поворота.

Заканчивают сборку установкой на место пружин *27*. Их изготовляют из стальной пружинной проволоки класса I диаметром 1 мм. Наружный диаметр пружин 8 мм, шаг навивки 2 мм, число рабочих витков 10. Перед сборкой к пружинам припаивают резьбовые стойки *26* и *28*. Первые из них с помощью винтов М3 крепят к панели *21*, вторые — к дну стаканов *29*. Одинакового зазора между панелями *21* и *22* добиваются подкладыванием шайб между первой из них и стойками *26* или укорачиванием последних. Для демпфирования колебаний верхней панели при сильных толчках в зазор желательно положить отрезки поролона толщиной 3,5—4 мм.

И, наконец, надевают приводной пассик. Для этого диск снимают с проигрывателя, его цилиндрическую поверхность диаметром 115 мм охватывают пассиком и оттягивают последний проволочным крючком. Придерживая пассик в таком положении, диск устанавливают на место и, когда между ним и панелью *21* останется зазор около 10—15 мм, тем же крючком надевают пассик на насадку *23*, после чего опускают диск до конца.

Принципиальная схема электрической части проигрывателя показана на рис. 4-19. Она содержит стереофонический предусилитель (на схеме показан только

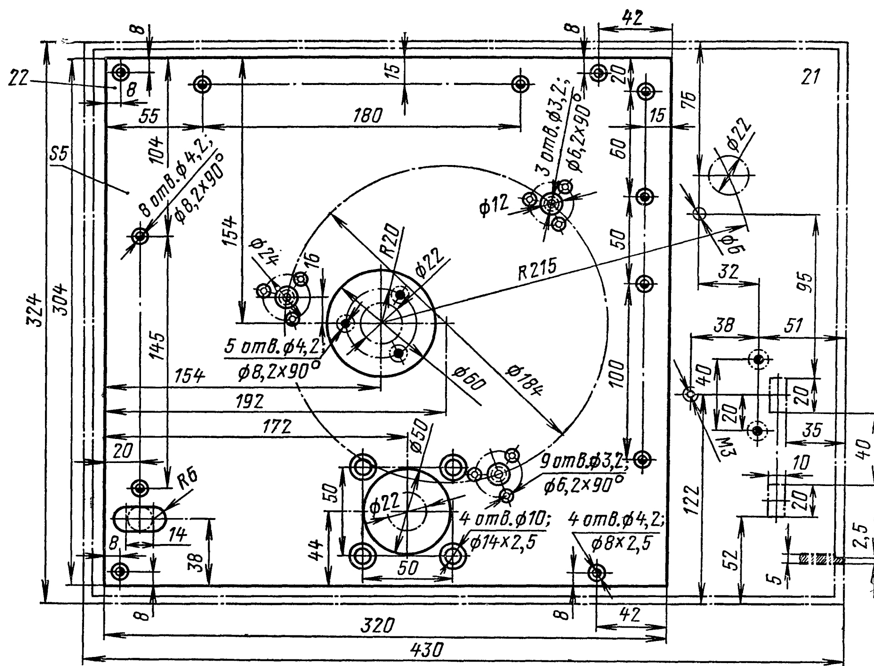


Рис. 4-18. Верхняя (*21*) и несущая (*22*) панели (штрихпунктирными линиями показаны контуры верхней панели и отверстия в ней).

Рис. 4-19. Принципиальная схема электрической части проигрывателя.

один канал), мощный генератор низкой частоты, состоящий в свою очередь из задающего генератора и усилителя мощности, и блока питания.

Предварительные усилители каждого канала идентичны по схеме, собраны на двойных триодах (в левом канале $Л_5$). Как видно из схемы, вход усилителя зашунтирован по переменному току конденсатором сравнительно большой емкости C_{14}. Сделано это для того, чтобы повысить отдачу звукоснимателя на низших частотах. Дело в том, что качество воспроизведения этих частот пьезокерамической головкой в значительной степени зависит от сопротивления, на которое она нагружена. Пьезокерамическую головку можно представить эквивалентной схемой из последовательно соединенных источника сигнала и конденсатора. Этот конденсатор (для головки ГЗКУ-631Р его емкость составляет около 600 пФ) и сопротивление нагрузки 1 МОм образуют фильтр верхних частот, частота среза которого равна 270 Гц. Возникающее в результате этого ослабление низших частот обычно компенсируют регулятором тембра в усилителе, однако при этом сужаются реальные пределы регулировки по низшим частотам и ухудшается качество звучания. Поправить положение можно, только снизив частоту среза этого своеобразного фильтра, что достигается увеличением либо эквивалентной емкости кристалла, либо сопротивления нагрузки. Учитывая, что сопротивление нагрузки ограничено токами утечки сетки лампы и не может быть более 2—3 МОм, остается только увеличить эквивалентную емкость кристалла звукоснимателя, подключив к нему конденсатор сравнительно большой емкости. Как видно из схемы, в описываемом усилителе сопротивление нагрузки (резистор R_{20}) выбрано равным 2 МОм, а емкость дополнительного конденсатора (C_{14}) — 3300 пФ, что дало возможность понизить частоту среза до 20 Гц.

Делитель напряжения, образованный эквивалентной емкостью кристалла и конденсатором C_{14}, ослабляет э. д. с. головки в 6,5 раза. Эти потери компенсируются усилителем на левом (по схеме) триоде лампы $Л_5$. Правый же триод использован в катодном повторителе, с выхода которого сигнал поступает на вход внешнего усилителя НЧ.

Задающий генератор, представляющий собой обычный RC-генератор с мостом Вина в цепи положительной обратной связи, выполнен на лампе $Л_1$. В положении переключателя B_1, показанном на схеме, частота генерации (27 Гц) зависит от емкости конденсаторов C_3, C_4 и сопротивления резисторов R_1—R_3. При замыкании контактов B_1 параллельно конденсаторам C_3 и C_4 подключаются конденсаторы C_1 и C_2, в результате чего частота генерируемых колебаний понижается до 20 Гц. Одновременно в цепь фазосдвигающей обмотки двигателя M_1 включается дополнительный конденсатор C_{13}. Частоту генератора в обоих положениях переключателя B_1 можно изменять в небольших пределах с помощью подстроечного резистора R_2. Для стабилизации амплитуды колебаний в цепь отрицательной обратной связи включен термистор R_4.

Низкочастотные колебания с катода правого триода лампы $Л_1$ подаются на вход трехкаскадного усилителя мощности, собранного на лампах $Л_2$—$Л_4$. Нагрузкой усилителя является электродвигатель M_1, подключенный к его выходу через согласующий автотрансформатор $Тр_1$. Для повышения стабильности частоты вращения диска при работе проигрывателя остановка двигателя на время смены пластинок производится не выключением генератора, а разрывом цепи низкочастотного сигнала, подаваемого на вход усилителя мощности, с помощью выключателя B_2. Последний, как уже говорилось, механически связан с ручкой микролифта.

Питание усилителей сигнала и генератора осуществляется от трансформатора $Тр_2$. Двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$ обеспечивает на выходе постоянные напряжения 280 В (для питания усилителя мощности на лампах $Л_2$—$Л_4$) и 240 В (для всего остального).

Детали электрической части монтируют на четырех П-образных шасси, согнутых из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5—2 мм. На одном из них размещают детали предварительных усилителей, на другом — задающий генератор, на третьем — усилитель мощности его колебаний, на четвертом — блок питания. Готовые блоки закрепляют на несущей панели и соединяют друг с другом в соответствии с принципиальной схемой. Несущую панель закрепляют в корпусе

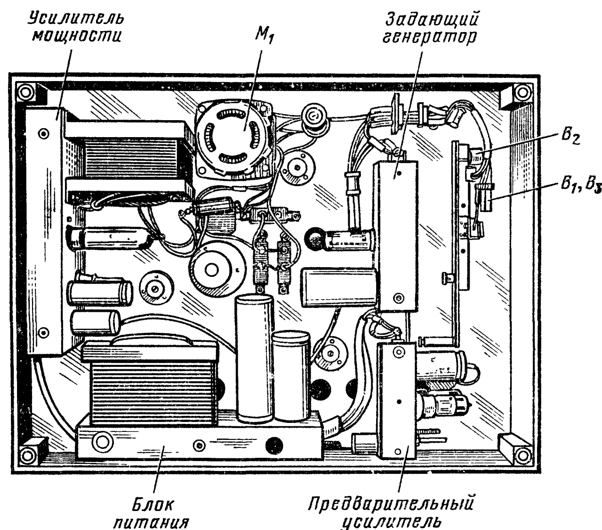


Рис. 4-20. Размещение узлов проигрывателя в корпусе.

(рис. 4-20), изготовленном из многослойной десятимиллиметровой фанеры и обклеенном декоративной поливинилхлоридной пленкой, имитирующей ценные породы древесины.

В проигрывателе применены электролитические конденсаторы К50-3, резисторы МЛТ и ПЭВ-Р (R_{19}), измерительный термистор Т8 (Т9), лампа накаливания КМ-6В. Остальные конденсаторы, кроме конденсаторов частотозадающей цепи, могут быть любого типа, важно лишь, чтобы их рабочие напряжения были не меньше тех, под которыми они будут работать в устройствах проигрывателя. Конденсаторы C_1—C_4 при налаживании можно составлять из нескольких, но в любом случае их температурный коэффициент емкости должен быть по возможности меньшим.

Автотрансформатор $Тр_1$ намотан на магнитопроводе из пластин Ш20 (толщина набора 32 мм, окно 50×20 мм). Его секции *1-2* и *4-5* содержат по 2300 витков провода ПЭВ-2 0,3; секции *2-3* и *3-4* — по 500 витков провода ПЭВ-2 0,45. Трансформатор питания $Тр_2$ применен готовый, от радиоприемника «Балтика», но вместо обмотки накала кенотрона в нем дополнительно намотаны две обмотки (провод ПЭВ-2 0,43), содержащие такое же число витков, как и обмотка накала ламп, имеющаяся в трансформаторе. От этих обмоток питаются лампы предварительных усилителей левого (обмотка *в—г*) и правого (обмотка *д—е*) каналов.

Налаживание электрической части проигрывателя начинают с задающего генератора. Если детали исправны, оно сводится к подбору резисторов R_1, R_3 и конденсаторов C_3, C_4 до получения частоты колебаний, равной 27 Гц. При этом движок подстроечного резистора R_2 должен находиться в среднем положении. Затем с помощью переключателя B_1 в частотозадающую цепь

включают конденсаторы C_1 и C_2 и, подбирая их, перестраивают генератор на частоту 20 Гц. В установившемся режиме напряжение на резисторе R_9 в зависимости от примененного термистора R_4 (его сопротивление при комнатной температуре может быть от 6 до 20 кОм) должно составлять 1,2—1,8 В.

Закончив настройку генератора, к выходу усилителя мощности подключают проволочный резистор сопротивлением 300 Ом (мощность рассеивания — не менее 20 Вт) и с помощью выключателя B_2 соединяют генератор со входом усилителя. Перемещая движок подстроечного резистора R_{10}, устанавливают на входе усилителя такое напряжение, при котором напряжение на нагрузочном резисторе, измеренное авометром Ц-20, составляет 50—60 В.

Для уменьшения вибраций ротора электродвигателя рекомендуется также подобрать элементы в цепи его фазосдвигающей обмотки. На частоте 27 Гц подбирают конденсатор C_{12} и сопротивление резистора R_{19}, на частоте 20 Гц — только конденсатор C_{13}. Уровень вибраций удобно оценивать, держа работающий двигатель на ладони.

Заканчивают налаживание подбором конденсаторов C_{14} (в левом канале) и C'_{14} (в правом). Делают это при воспроизведении измерительной грампластинки (продаются в специализированных магазинах фирмы «Мелодия») с записью стандартного ряда частот. Конденсаторы можно считать подобранными, если напряжения на выходах усилителей не отличаются более чем на ±3 дБ.

ГЛАВА ПЯТАЯ

АППАРАТУРА ДЛЯ РАДИОСПОРТА

Приемники «лисолова» на интегральных микросхемах

«Охота на лис» — вид радиоспорта, в котором, пожалуй, как нигде в радиолюбительской практике, требуется применение малогабаритной, легкой и в то же время надежной, способной работать в тяжелых климатических условиях аппаратуры. Давно отошли в прошлое времена, когда «охотники» использовали приемники на лампах. Им на смену пришли транзисторы. Но и транзисторы становятся техникой вчерашнего дня. Все шире и активнее «лисоловы» начинают применять в своих приемниках интегральные микросхемы. Помимо обеспечения большей надежности, меньших размеров и массы эти новые элементы почти не требуют настройки, подбора режимов, что оказывается весьма существенным для спортсменов, не обладающих большим опытом любительского конструирования. Поэтому приемники на микросхемах наиболее перспективны для массового повторения.

Именно такие приемники на 28 и 144 МГц, отличающиеся к тому же простотой конструкции, были созданы мастером спорта СССР, заслуженным тренером Украины В. В. Присяжнюком — учителем физики из села Черниев Ивано-Франковской области.

Приемник на 28 МГц. Принципиальная схема приемника приведена на рис. 5-1. Он собран по супергетеродинной схеме на четырех микросхемах и двух транзисторах и состоит из УВЧ (MC_1), преобразователя (MC_2), УПЧ (MC_3), предварительного УНЧ (MC_4) и отконечного каскада (T_1, T_2).

Входной контур УВЧ образован индуктивностью рамочной антенны $Ан_2$ и емкостью подстроечного конденсатора C_1. Контур настроен на середину рабочего участка диапазона (28,5 МГц). При использовании только рамочной антенны (кнопка $Кн_1$ не нажата) диаграмма направленности устройства имеет вид восьмерки с двумя максимумами и двумя минимумами. Для однозначного определения направления на «лису» диаграмма должна иметь один минимум. Это достигается подключением параллельно рамочной антенне штыря $Ан_1$. В случае соблюдения необходимых фазовых и амплитудных соотношений сигналов обеих антенн диаграмма направленности принимает вид кардиоиды. Эти соотношения обеспечиваются подбором резистора R_1.

Нагрузкой УВЧ служит контур L_2C_2, также настроенный на частоту 28,5 МГц. С катушки связи L_3 усиленный сигнал подается на преобразователь. На него же поступает через конденсатор C_6 напряжение гетеродина, в котором использован контур L_4C_4 (конденсатор C_4 — переменный, служит для настройки приемника на частоту передатчика «лисы»). Положительная обратная связь, необходимая для возбуждения колебаний гетеродина, осуществляется через емкости монтажа. В отдельных случаях эта емкость может оказаться недостаточной, и тогда колебания не возникнут. Для увеличения обратной связи можно установить катушку L_9 (на схеме показана штриховой линией).

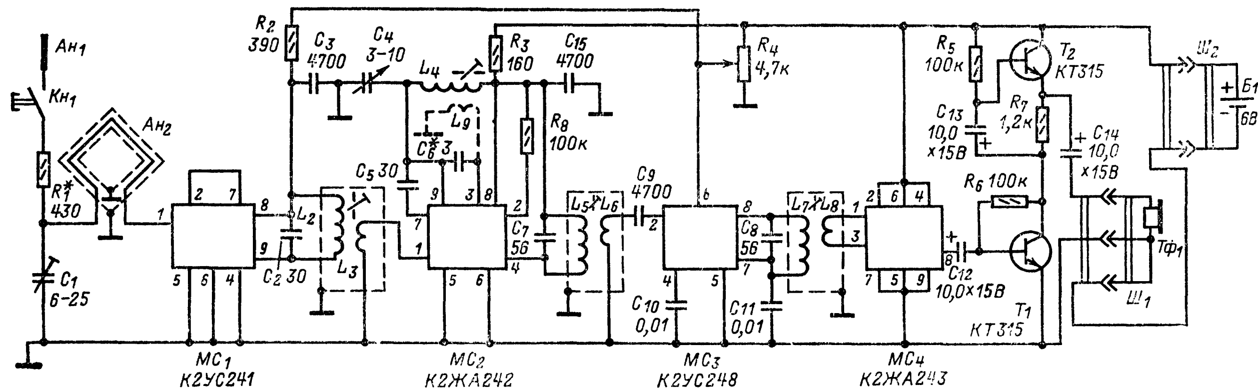


Рис. 5-1. Принципиальная схема приемника для «охоты на лис» на 28 МГц.

С выхода преобразователя снимается сигнал ПЧ частотой 2 МГц. Он выделяется на нагрузке — контуре L_5C_7 — и через катушку связи L_6 и конденсатор C_9 поступает на УПЧ. Нагрузкой УПЧ служит контур L_7C_8, с которого колебания через катушку связи L_8 подаются на амплитудный детектор и далее — на предварительный УНЧ и оконечный каскад. Последний собран на

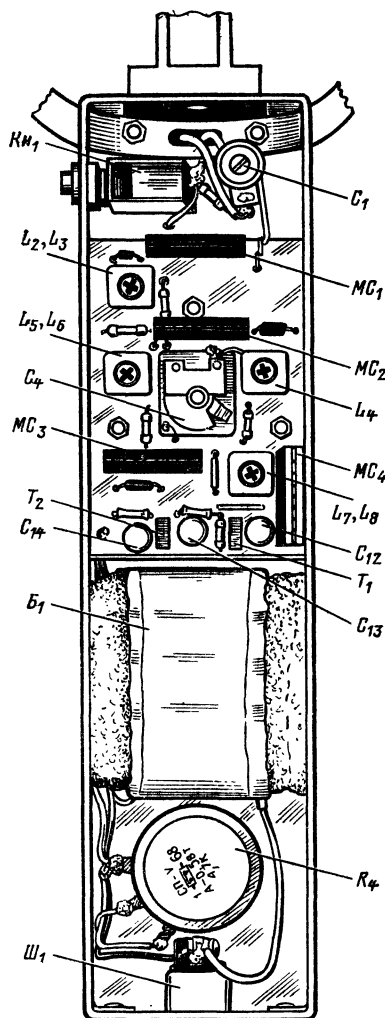


Рис. 5-2. Расположение деталей приемника для «охоты на лис» на 28 МГц.

транзисторе T_1, динамической нагрузкой которого служит транзистор T_2. С выхода УНЧ через конденсатор C_{14} звуковой сигнал подается на телефоны $Тф_1$ с сопротивлением 130 Ом.

В приемнике предусмотрена регулировка усиления по ВЧ и ПЧ (резистором R_4) до 10 тысяч раз. Это дает возможность принимать мощный сигнал «лисы» при ближнем поиске без перегрузки приемника. Чувствительность приемника — лучше 0,5 мВ/м, масса 600 г. Питается приемник от батареи гальванических элементов, потребляемый ток не превышает 13 мА.

Приемник смонтирован в корпусе — прямоугольной коробке из дюралюминия толщиной 1 мм (рис. 5-2). Конструкция корпуса может быть произвольной, однако важно обеспечить герметичность его швов. Для монтажа деталей приемника использована плата из стеклотекстолита размерами 44×70 мм. Монтаж может быть либо навесным, либо на печатной плате. К корпусу плата прикреплена на стойках, в которые ввинчиваются винты М3.

К корпусу приемника прикреплено антенное устройство, схематично показанное на рис. 5-3. Оно состоит из рамочной и штыревой антенн. Рамочная антенна представляет собой один виток провода МГШВ или ему подобного (диаметр провода некритичен), помещенный в электростатический экран. Экран сделан из дюралюминиевой трубки диаметром 8 мм, согнутой в незамкнутое кольцо (диаметр кольца 300 мм). Экран рамочной

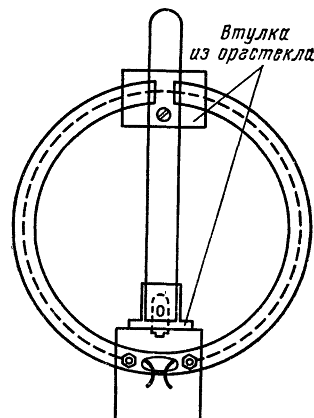


Рис. 5-3. Антенное устройство приемника для «охоты на лис» на 28 МГц.

антенны пропущен через отверстия в корпусе (рис. 5-2) и прикреплен к нему двумя винтами М3 с гайками. В экране просверлено отверстие, через которое выведены концы витка рамочной антенны. Штыревая антенна выполнена из стальной ленты (от измерительной рулетки) длиной 500 мм. Она укреплена на двух изоляторах из органического стекла, один из которых установлен на корпусе приемника, второй — на экране рамочной антенны (в месте, где он не замкнут).

Для питания приемника используются четыре последовательно включенных элемента 316. Батарея элементов обернута несколькими слоями изоляционной ленты и с трением вставлена в корпус. Для фиксации батареи использованы прокладки из поролона

Катушки приемника намотаны на каркасах унифицированных сердечников СБ-12а из карбонильного железа и помещены в латунные экраны. Данные катушек приведены в табл. 5-1.

В приемнике применены стандартные детали — резисторы МЛТ-0,125, переменный резистор R_4 — СП-0,5 (группа А), конденсаторы — КТК, КСО, КЛМ, электро-

Таблица 5-1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	10	ПЭЛШО 0,51
L_2	2	ПЭЛШО 0,51
L_3	12	ПЭЛШО 0,51
L_4	100	ПЭЛ 0,12
L_5	8	ПЭЛШО 0,12
L_6	60	ПЭЛ 0,12
L_7	50	ПЭЛ 0,12

литические — К50-6. Переменный конденсатор C_4 — от радиостанции 10РТ. В нем оставлены по три подвижные и неподвижные пластины. Можно также применить конденсатор КПВ, удлинив его ось. Подстроечный конденсатор C_1 — КПК. Кнопка $Кн_1$ может быть любого типа подходящих размеров, например — КМ1-1. Можно

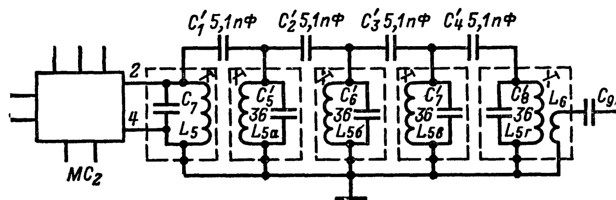


Рис. 5-4. Дополнительный ФСС к приемнику для «охоты на лис» на 28 МГц.

также применить тумблер или самодельный переключатель.

Налаживание приемника несложно. При отсутствии ошибок в монтаже УНЧ обычно сразу начинает работать. Для настройки остальных каскадов приемника желательно применить сигнал-генератор (например, ГСС-6, Г4-18 и т. д.). Вначале отключают от вывода *1* микросхемы $МС_2$ катушку L_3, а от вывода *7* — конденсатор C_5. Установив максимальное усиление приемника, на вывод *1* микросхемы $МС_2$ подают от ГСС модулированный сигнал с частотой 2 МГц и амплитудой 0,5 мВ и настраивают в резонанс (по максимальному звуковому сигналу в телефонах на выходе приемника) вначале контур L_5C_7, затем — L_7C_8, вращая сердечники их катушек. На этом настройка УПЧ заканчивается.

Восстанавливают соединение конденсатора C_5. На вывод *1* микросхемы $МС_2$ подают модулированный сигнал с частотой 28 МГц и амплитудой 0,5 мВ. Конденсатор C_4 устанавливают в положение максимальной емкости. По максимальному сигналу на выходе приемника настраивают контур L_4C_4, вращая сердечник катушки L_4. Если получить сигнал не удается, изменяют в обе стороны частоту сигнал-генератора и при необходимости подбирают число витков катушки L_4 так, чтобы получить резонанс на частоте 28 МГц при максимальной емкости конденсатора C_4. Если же получить сигнал на выходе приемника опять-таки не удается, это свидетельствует об отсутствии колебаний гетеродина. В этом случае, если микросхема $МС_2$ исправна, следует попробовать намотать дополнительную катушку связи L_9. Число ее витков должно быть минимальным, при котором возникают колебания.

Сигнал на выходе приемника появляется при двух настройках гетеродина — выше и ниже частоты сигнала на величину промежуточной частоты, т. е. на 30 и 26 МГц. Правильной будет настройка контура L_4C_4 на частоту 30 МГц. Убедиться в правильности настройки можно с помощью сигнал-генератора: на выходе приемника сигнал должен появляться при настройке генератора на 28 МГц (основной канал).

На заключительном этапе налаживания преобразователя подбирают (по максимуму сигнала на выходе приемника) конденсатор C_6. Сигнал-генератор при этом должен быть настроен на одну из частот диапазона 28—29,7 МГц.

Далее восстанавливают соединение катушки L_3 и переходят к налаживанию УВЧ. Для этого через конденсатор емкостью 10—20 пФ подают на вход приемника (верхний по схеме вывод резистора R_1) модулированный сигнал с частотой 28,5 МГц и амплитудой 0,1—0,2 мВ. Вначале настраивают в резонанс контур L_2C_2, вращая сердечник катушки L_2, затем конденсатором C_1 — контур, состоящий из индуктивности рамочной антенны и емкости конденсатора C_1.

В заключение по сигналам передатчика «лисы», отнесенного от приемника на 30—40 м (можно использовать сигнал-генератор, подключив к его выходу антенну в виде отрезка провода длиной 5—10 м), подбирают сопротивление резистора R_1 так, чтобы диаграмма направленности при нажатой кнопке $Кн_1$ имела один глубокий минимум.

Если в процессе работы с приемником окажется, что его избирательность желательно повысить, можно включить между выходом преобразователя и входом УПЧ дополнительный элемент — фильтр сосредоточенной селекции (рис. 5-4), настроенный на 2 МГц. Данные катушек $L_{5а}$—$L_{5г}$ аналогичны данным катушки L_5.

Приемник на 144 МГц. По своей структурной схеме этот приемник аналогичен предыдущему: он собран также по супергетеродинной схеме и состоит из УВЧ, преобразователя, УПЧ и УНЧ. Принципиальная схема приемника приведена на рис. 5-5. От опубликованных ранее схем приемников диапазона 144 МГц она отличается большей простотой.

УВЧ собран на транзисторах T_1, T_2 по каскодной схеме, которая обеспечивает высокое усиление при устойчивой работе. На вход усилителя подается сигнал от антенны $Ан_1$, которая при ближнем поиске может быть

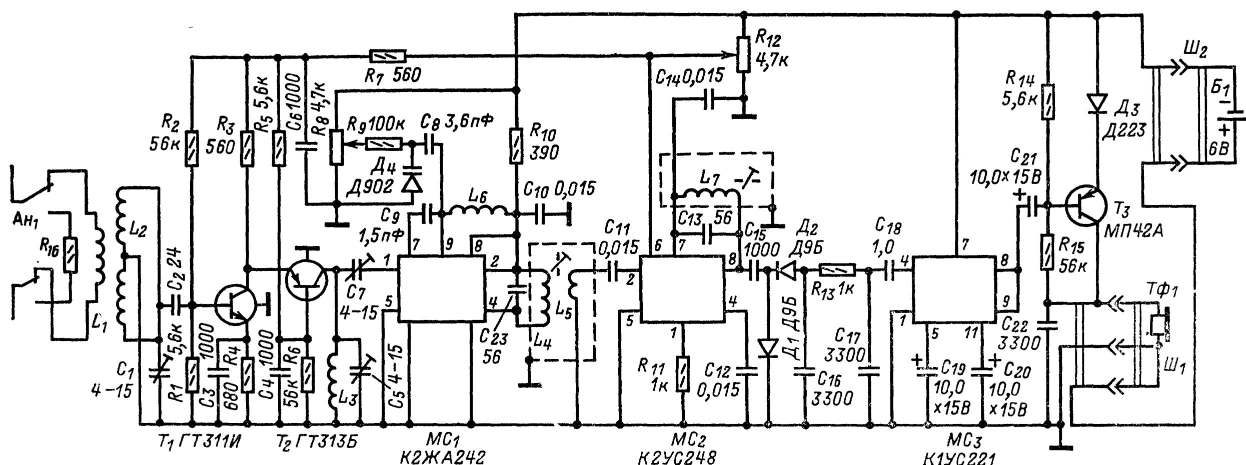


Рис. 5-5. Принципиальная схема приемника для «охоты на лис» на 144 МГц.

отключена переключателем B_1 (в этом случае сигнал на вход приемника поступает через емкости монтажа и переключателя B_1). Чтобы диаграмма направленности антенны при этом не исказилась, к ней подключается резистор R_{16}, сопротивление которого равно волновому сопротивлению антенны и входному сопротивлению приемника. Входной L_2C_1 и выходной L_3C_5 контуры усилителя настроены на 145 МГц — среднюю частоту диапазона.

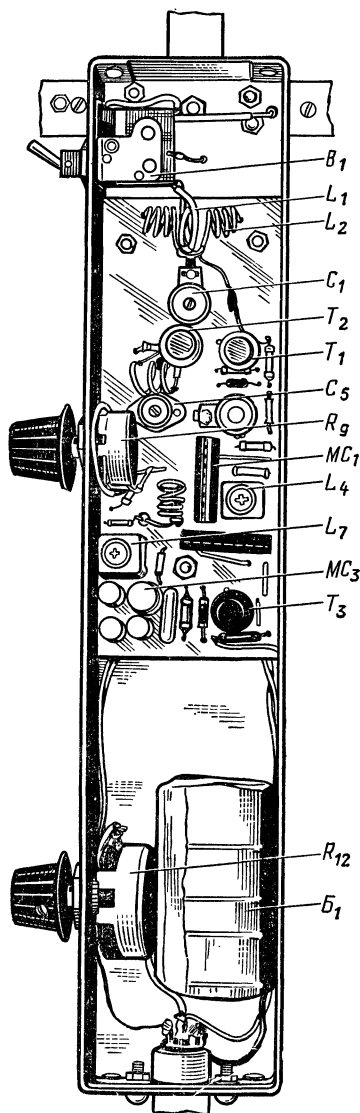


Рис. 5-6. Расположение деталей приемника для «охоты на лис» на 144 МГц.

Усиленный сигнал через конденсатор C_7 поступает на вход преобразователя, собранного на микросхеме MC_1. Контур гетеродина преобразователя состоит из индуктивности катушки L_6 и емкости варикапа $Д_4$, он настроен на частоту, превышающую частоту принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты (4,5 МГц). Колебания гетеродина поступают на смеситель через внутренние емкости микросхемы и емкости монтажа. Эти же емкости обеспечивают положительную обратную связь в гетеродине. Если эта связь окажется недостаточной, ее можно увеличить, включив между выводами *1* и *7* микросхемы MC_1 конденсатор емкостью 1—2 пФ. Нагрузкой преобразователя служит контур L_4C_{23}, настроенный на промежуточную частоту 4,5 МГц.

УПЧ выполнен на микросхеме MC_2. Он нагружен на контур L_7C_{13}. С выхода этого усилителя сигнал подается на детектор, собранный на диодах $Д_1$ и $Д_2$ по схеме удвоения.

Предварительный УНЧ выполнен на микросхеме MC_3, оконечный каскад — на транзисторе T_3. Он нагружен на низкоомные телефоны $Тф_1$ сопротивлением 130 Ом. Диод $Д_3$ применен для термокомпенсации и получения напряжения смещения. Его можно заменить резистором сопротивлением 100 Ом и конденсатором емкостью 10 мкФ, соединенными параллельно.

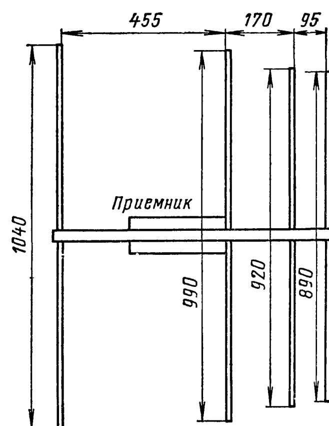


Рис. 5-7. Антенна приемника для «охоты на лис» на 144 МГц.

Для питания приемника используется такая же батарея, как и для питания приемника диапазона 28 МГц, потребление тока от нее не превышает 20 мА. Чувствительность приемника со входа — 5 мкВ, масса 650 г.

Конструкция и детали обоих приемников во многом совпадают. Внешний вид приемника на 144 МГц представлен на рис. 5-6. Размеры монтажной платы 115×44 мм, монтаж односторонний, навесной. Плата помещена в прямоугольный корпус из дюралюминия толщиной 1 мм и прикреплена к нему с помощью втулок с винтами М3 или уголковых держателей.

На корпусе приемника укреплена антенна—четырехэлементный «волновой канал». Ее размеры приведены на рис. 5-7. Элементы «волнового канала» выполнены из отрезков стальной ленты (как и штыревая антенна предыдущего приемника). Активный элемент (вибратор) прикреплен непосредственно к корпусу приемника через изолятор из органического стекла. Пассивные элементы размещены на штанге — трубке из стекловолокна с наружным диаметром 13 мм.

В приемнике применены малогабаритные детали — постоянные резисторы МЛТ-0,125 и ВС-0,125, переменные R_8 и R_{12} — СП3-4М и СП-2 соответственно. Конденсаторы — КМ, КЛС (электролитические — К50-6).

Катушки L_1—L_3, L_6 — бескаркасные, намотаны посеребренным проводом диаметром 0,8 мм (внешний диаметр 8 мм), остальные — проводом ПЭЛШО 0,12 на каркасах унифицированных сердечников СБ-12а. Катушки L_1, L_3 и L_6 содержат по 2 витка, L_2 — 4, L_4 и L_7 — по 50, а L_5 — 6 витков. Катушка L_1 расположена между двумя половинами катушки L_2. Вместо настройки варикапом можно применить обычную с помощью конденсатора переменной емкости. Для этого необходимо исключить резисторы R_8 и R_9, конденсатор C_8 и варикап $Д_4$. Переменный конденсатор с максимальной емкостью 7—

10 пФ подключают статором к точке соединения конденсатора C_9 и катушки L_6, а ротором — к общему проводу.

Налаживание приемника на 144 МГц ведут в той же последовательности, что и приемника диапазона 28 МГц. При этом желательно применение двух сигнал-генераторов — ГСС-6 или Г4-18 для настройки УПЧ и высокочастотного, включающего диапазон 144—146 МГц, для настройки преобразователя и УВЧ, например ГМВ. В крайнем случае можно обойтись одним высокочастотным генератором, настроив УПЧ по сигналам, полученным после преобразователя.

Вначале подают на вход УПЧ (вывод *2* микросхемы MC_2, от которого временно отключен конденсатор C_{11}) модулированный сигнал с частотой 4,5 МГц и амплитудой 0,5 мВ. На выходе приемника должен быть слышен чистый неискаженный звуковой сигнал. Если искажения имеются, устанавливают режим транзистора T_3, подбирая резистор R_{14}. Контур L_7C_{13} УПЧ настраивают, вращая сердечник катушки L_7 по максимальному сигналу на выходе приемника.

Затем восстанавливают соединение конденсатора C_{11}, подают тот же модулированный сигнал на вход преобразователя (вывод *1* микросхемы MC_1, от которого отключен конденсатор C_7; также отключают катушку L_6) и настраивают контур L_4C_{23} сердечником катушки L_4 по максимуму сигнала на выходе приемника.

Далее восстанавливают соединение катушки L_6, а на вывод *1* микросхемы MC_1 подают модулированный сигнал с частотой 145 МГц и амплитудой 0,5 мВ. Регулируя напряжение на варикапе $Д_4$, добиваются появления на выходе приемника звукового сигнала. Сдвигая и раздвигая витки катушки L_6, настраивают контур гетеродина так, чтобы сигнал с частотой 145 МГц принимался при среднем положении движка резистора R_8. Если принять сигнал от генератора не удается ни при одном из положений движка резистора R_8, включают дополнительный конденсатор обратной связи между выводами *1* и *7* микросхемы MC_1.

Восстанавливают соединение конденсатора C_7. Регулятор усиления R_{12} устанавливают в положение максимума усиления. Сигнал с частотой 145 МГц и амплитудой 0,1—0,2 мВ подают через конденсатор емкостью 5—10 пФ на базу транзистора T_1. После этого настраивают конденсатором C_5 (также по максимуму сигнала) контур L_3C_5. Конденсатором C_7 подбирают оптимальную связь УВЧ со входом преобразователя, при которой сигнал на выходе приемника имеет максимальный уровень.

Входной контур L_2C_1 настраивают на 145 МГц конденсатором C_1, используя передатчик «лисы» (или генератор с антенной в виде отрезка провода), отнесенный от приемника на 10—15 м.

Тренировочная «лиса»

При тренировках по «охоте на лис» спортсмены применяют в качестве «лис» миниатюрные передатчики, которые работают либо в режиме непрерывного излучения (что не всегда желательно, так как реальные «лисы» во время соревнований излучают сигналы через определенные интервалы времени), либо в автоматическом режиме, передавая периодические сигналы. Тренировочный передатчик последнего типа был предложен

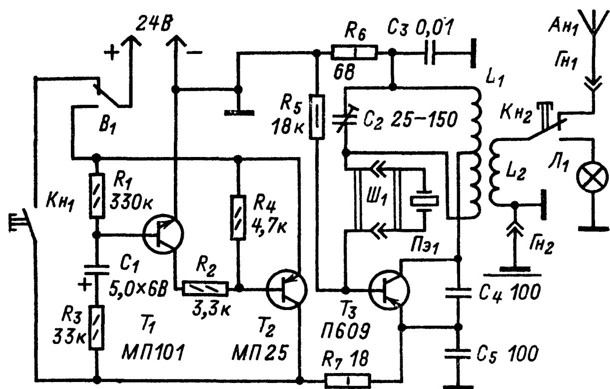


Рис. 5-8. Принципиальная схема передатчика «лисы».

радиоспортсменом А. Кузнецовым (UW3RO) из г. Тамбова. Передатчик имеет диапазон 3,5—3,65 МГц, работает незатухающими колебаниями и допускает кроме автоматической манипуляции режим ручного управления. Выходная мощность передатчика составляет примерно 1 Вт, стабилизация частоты — кварцевая. Для питания передатчика используются шесть соединенных последовательно батарей 3336Л. Ток, потребляемый при подаче сигнала, составляет 75—80 мА.

В качестве антенны передатчика может использоваться длинный луч (10—20 м) или короткий штырь (1,5 м). Последняя антенна обычно используется при тренировках по отработке ближнего поиска.

Принципиальная схема передатчика представлена на рис. 5-8. На транзисторе T_3 собран кварцевый генератор. Частоту кварца $Пэ_1$ выбирают в пределах диапазона 3,5—3,65 МГц. Резонатор возбуждается на первой гармонике. На частоту резонатора настроен контур L_1C_2, связанный с антенной через катушку связи L_2. Конденсатор C_4 служит для создания необходимой в режиме генерации ПОС.

В режиме ручного управления передатчик манипулируют кнопкой $Кн_1$, которая замыкает и размыкает, подобно телеграфному ключу, эмиттерную цепь транзистора T_3.

Режим автоматического управления осуществляется манипуляцией по цепи питания с помощью автоколебательного мультивибратора, собранного на транзисторах T_1 и T_2 разной структуры. Выбор того или иного режима работы производится переключателем B_1 (на схеме он показан в положении ручного управления). При включении переключателя в нижнее (по схеме) положение напряжение питания подается на мультивибратор и через участок эмиттер — коллектор транзистора T_2, работающего в ключевом режиме, — на кварцевый генератор. Когда транзистор T_2 открыт (насыщен), генератор работает, и антенной излучается сигнал в виде телеграфной посылки. Когда транзистор T_2 закрыт, генерация отсутствует. В обоих режимах работы передатчика, таким образом, манипулируется цепь питания, что повышает экономичность работы — немаловажный фактор для устройств подобного рода. Повышению экономичности способствует и применение транзисторов разной структуры, так как в этом случае повышается к. п. д. К тому же мультивибратор на таких транзисторах обеспечивает более крутые фронты сигнала.

Лампа накаливания $Л_1$ позволяет контролировать работоспособность передатчика. Она подключается к его выходу при нажатии кнопки $Кн_2$ (с самовозвратом).

Для достижения максимальной дальности работы передатчика к его гнезду $Гн_2$ следует подключать заземление (если это возможно) или противовес — три радиально расположенных провода длиной по 1,5—2 м.

Передатчик смонтирован в металлическом корпусе размерами 130×120×80 мм с открывающейся крышкой. Половину корпуса (по объему) занимают батареи. Их выводы соединяют между собой перемычками (обязательно — с помощью пайки). Гнезда $Гн_1$ и $Гн_2$ для подключения антенны и противовеса выведены наружу корпуса. Для маскировки корпус окрашен в защитный цвет.

Монтаж передатчика выполнен на плате из гетинакса, размещенной в П-образном шасси из листового

алюминия толщиной 2 мм. Непосредственно на шасси установлен теплоотводящий радиатор транзистора T_3, чертеж которого показан на рис. 5-9. Радиатор выполнен из алюминия толщиной 2 мм и скреплен четырьмя винтами М2,5. Также на шасси смонтированы кварцевый резонатор $Пэ_1$ (вернее, гнезда, которыми он подключается к передатчику) и подстроечный конденсатор C_2. Одна из стенок шасси является передней панелью, на которой расположены переключатель режимов работы B_1, кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$, индикаторная лампа $Л_1$. Одна боковая стенка шасси отделяет генератор и мультивибратор от батарей питания, другой боковой стенкой шасси прикреплено к передней стенке корпуса.

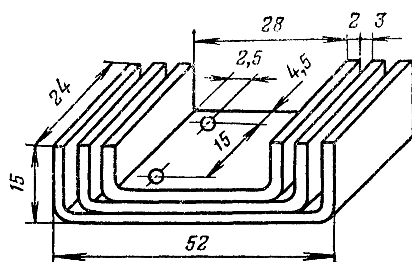


Рис. 5-9. Конструкция теплоотводящего радиатора.

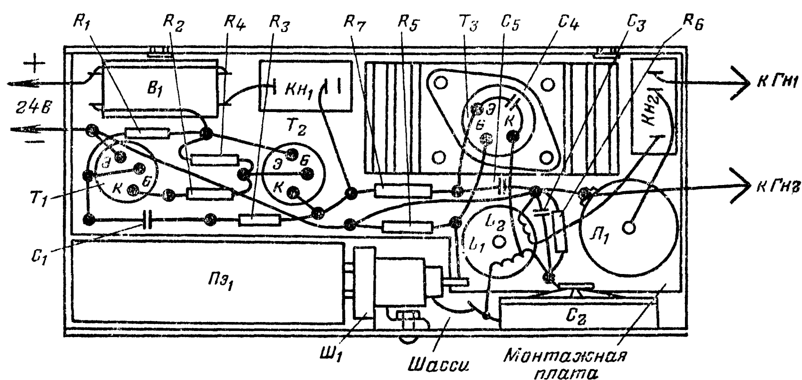


Рис. 5-10. Расположение деталей передатчика «лисы».

Размещение деталей передатчика показано на рис. 5-10. К шасси плата (ее размеры 130×60 мм) прикреплена гайками кнопок $Кн_1$ и $Кн_2$ и переключателя B_1. Катушка L_1 контура генератора намотана на керамическом каркасе диаметром 16 мм и содержит 32 витка провода ПЭВ-1 0,41. Отвод сделан от 8-го витка сверху (по схеме). Намотка катушки L_1 — виток к витку, однослойная. Катушка связи L_2 намотана поверх катушки L_1 и содержит 8 витков провода ПЭВ-1 0,41. Конденсаторы, примененные в передатчике, КСО. Электролитический C_1 — ЭМ, подстроечный C_2 — КПК-2. Переключатель B_1 — тумблер ТВ-2-1, кнопки — КМ1-1. Лампа $Л_1$ — 6,3 В×0,28 А. Налаживание передатчика начинают с кварцевого генератора. В режиме ручного управления (переключатель B_1 в верхнем по схеме положении) при нажатой кнопке $Кн_1$ нажимают кнопку $Кн_2$. Если детали исправны, а при монтаже не было допущено ошибок, генератор должен начать работать, о чем будет свидетельствовать свечение лампы $Л_1$. По максимуму этого свечения настраивают подстроечным конденсатором C_2 контур L_1C_2. После настройки контура подбором резистора R_5 устанавливают коллекторный ток транзистора T_3 не более 80 мА.

Прослушивая сигнал передатчика на контрольном приемнике, налаживают его в режиме автоматического управления. Для этого переводят переключатель B_1 в нижнее (по схеме) положение. Продолжительность импульса мультивибратора регулируют, подбирая резистор R_1, а паузы между сигналами — резистор R_3 (длительность импульса и паузы прямо пропорциональна сопротивлениям этих резисторов). Изменяя емкость конденсатора C_1, добиваются нужной частоты подачи сигналов передатчиком. На этом налаживание заканчивается.

Передатчик начинающего ультракоротковолновика

Довольно часто начинающих радиолюбителей отпугивает от постройки УКВ радиостанции кажущаяся сложность аппаратуры. Действительно, конструирование передатчиков и приемников на высокие частоты УКВ диапазонов имеет свои характерные особенности и зачастую представляет определенные трудности для не слишком квалифицированного любителя.

Однако оказывается, что и в этой области радиолюбительского конструирования можно создать простейшие конструкции, повторить которые может буквально каждый начинающий радиолюбитель. Это доказал своей разработкой передатчика начинающего ультракоротковолновика на диапазон 144 МГц московский радиолюбитель кандидат технических наук В. Поляков (RA3AAE). В том, что его передатчик имеет простейшую схему, можно убедиться, взглянув на рис. 5-11.

Передатчик состоит всего из двух каскадов и УНЧ модулятора. В нем используются две лампы. На левом (по схеме) триоде лампы $Л_1$ собран задающий генератор с кварцевой стабилизацией. Кварцевый резонатор $Пэ_1$ включен по классической схеме емкостной трехточки и работает на частоте пятой механической гармоники. Контур $L_1C_1C_2$ задающего генератора настроен на частоту 36 МГц. В анодной цепи триода выделяется частота 72 МГц, соответствующая второй гармонике генерируемой частоты.

На лампе $Л_2$ собран оконечный каскад передатчика, работающий в режиме удвоения частоты. В этом каскаде применено смещение за счет падения напряжения на резисторе R_4 при протекании через него сеточного тока лампы. Напряжение на экранирующую сетку $Л_2$ подается через гасящий резистор R_5. Характерной особенностью каскада является включение в цепь экранирующей сетки двух параллельных блокировочных конденсаторов (C_8 и C_7). Первый, сравнительно большой емкости, поддерживает неизменным напряжение на сетке при модуляции, второй, имеющий меньшую емкость и меньшую собственную индуктивность, развязывает сетку по высокой частоте.

Контур L_3C_9 в анодной цепи оконечного каскада настроен на рабочую частоту в диапазоне 144 МГц, он имеет автотрансформаторную связь с антенной. Подстроечный конденсатор C_{11} компенсирует паразитную индуктивность провода, идущего от контура к переключателю B_1 и антенному выводу $Гн_1$. Это характерно для УКВ техники, так как собственные емкость и индуктивность соединительных проводов, не принимаемые во внимание на КВ, на высоких частотах уже сказываются довольно заметно.

В передатчике применена амплитудная модуляция, так как она является простейшей по легкости выполнения и приему. Модулирующие колебания подаются на

управляющую сетку $Л_2$. Для этого на правой (по схеме) половине лампы $Л_1$ собран УНЧ модулятор. Напряжение звуковой частоты с микрофона через регулятор усиления — резистор R_7, которым устанавливается необходимая глубина модуляции, подается на сетку триода. Усиленный сигнал НЧ через дроссель $Др_1$, преграждающий путь высокочастотному сигналу, модулирует лампу оконечного каскада. Примененная модуляция не отличается высокой линейностью. К тому же она ухудшается из-за того, что модулируемый каскад работает в режиме удвоения частоты. Однако ее применение вполне оправдано простотой схемы. Как показали оценки корреспондентов, качество АМ сигнала при использовании этого передатчика вполне удовлетворительно.

Для нормальной работы передатчика напряжение, развиваемое микрофоном, должно быть не менее десятых долей вольта. Такое напряжение обеспечивает, например, угольный микрофон. При использовании динамического микрофона становится необходимым добавить к модулятору дополнительный микрофонный усилитель. Он может быть выполнен на лампе (например, 6Ж1П) или транзисторе (практически любого типа) по одной из распространенных схем УНЧ.

В передатчике применены распространенные недефицитные детали. Пожалуй, трудность у радиолюбителя может вызвать только приобретение кварцевого резонатора. В данной конструкции можно использовать получившие среди радиолюбителей распространение кварцы от устаревшей аппаратуры, например от радиостанций 10РТ или РСИУ-3. Можно применить и кварц на другую частоту, например на 12 МГц, возбуждаемый на третьей механической гармонике, или 5,14 МГц — на седьмой. Кроме того, можно использовать кварц, обеспечивающий после умножения частоту в пределах диапазона 144—146 МГц, например от 7,2 до 7,3 МГц.

Катушка L_1 намотана на каркасе диаметром 8 мм. Она содержит 10 витков провода ПЭЛ 0,7 (или близкого ему по диаметру, например, ПЭВ-1 0,64). Намотка выполнена виток к витку. Катушка подстраивается сердечником из магнитодиэлектрика (карбонильного железа, магнетита), например сердечником СЦР-1. Катушка L_2 и дроссель $Др_1$ намотаны на корпусах резисторов ВС-0,25, с которых предварительно удален токопроводящий слой. Катушка L_2 содержит 6 витков того же провода, что и L_1, равномерно распределенных по длине корпуса резистора. Дроссель $Др_1$ состоит из 40 витков провода ПЭЛШО 0,15, намотка — виток к витку. Катушка L_3 — бескаркасная. Она состоит из двух витков голого медного (желательно посеребренного) провода диаметром 1 мм. Внутренний диаметр намотки 12 мм, длина катушки 10 мм. Отвод сделан от половины витка, считая от нижнего (по схеме) вывода.

В передатчике применены подстроечные конденсаторы КПК-1, проходные C_{10}, C_{14} и C_{15} — КТП-1. При отсутствии проходных конденсаторов их можно заменить керамическими или КСО той же емкости, укоротив выводы конденсаторов до минимума. Остальные конденсаторы — керамические КТК, КМ, КЛС и т. п. В качестве переключателя $В_1$ «Прием — передача» использован тумблер с двумя группами контактов, остальные детали могут быть любых типов.

Передатчик смонтирован на коробчатом шасси, согнутом из листового алюминия толщиной 0,5—1 мм. Размеры шасси 200×80×50 мм. К шасси прикреплена лицевая вертикальная панель. На верхней плоскости шасси установлены кварцевый резонатор $Пэ_1$, лампы $Л_1$ и $Л_2$, контур L_3C_9 (рис. 5-12). Переключатель $В_1$ и антенный вывод $Гн_1$ расположены на лицевой панели сверху шасси, вблизи от контура L_3C_9. Провод от анода лампы $Л_2$ выведен из подвала шасси через отверстие, просверленное непосредственно у анодного лепестка ламповой панели. В подвале шасси размещены катушка L_1 (около выводов кварцевого резонатора), контур L_2C_3 и остальные конденсаторы.

Ввиду того что все контуры передатчика настроены на разные частоты, разделять их экранами во избежание возникновения индуктивной связи и появления самовозбуждения не требуется. Чтобы при налаживании передатчика не возникли трудности из-за влияния паразитных параметров соединительных проводов, все они

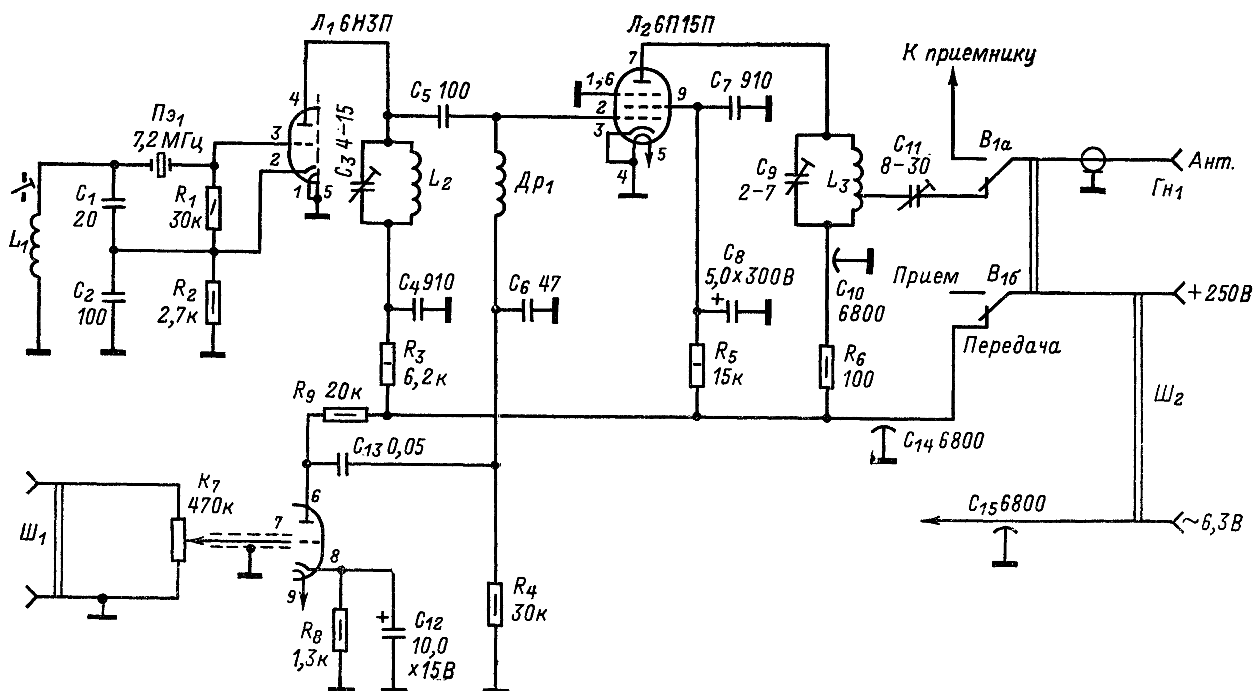


Рис. 5-11. Принципиальная схема УКВ передатчика.

должны иметь минимальную длину. Лучше вообще обходиться без проводов (для цепей прохождения сигнала, разумеется) и использовать выводы деталей (также минимальной длины) для подключения к ламповым панелям, контурам и т. п. Для этих же целей не рекомендуется отступать от приведенного на рис. 5-12 рекомендованного расположения деталей.

Для настройки каскадов передатчика потребуются резонансный волномер (ГИР) и приемник двухметрового диапазона. В крайнем случае, можно обойтись и одним приемником, но это потребует особой внимательности при настройке для того, чтобы по ошибке не спутать номера гармоник.

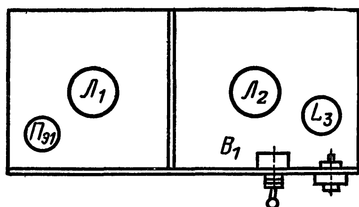


Рис. 5-12. Расположение деталей УКВ передатчика.

Вначале с помощью волномера (приемника), прослушивая четвертую гармонику кварца, устанавливают частоту задающего генератора равной 36 МГц. При значительной собственной емкости кварцевого резонатора (это как раз характерно для кварцев от радиостанции РСИУ-3) генератор может возбуждаться независимо от частоты настройки контура $L_1C_1C_2$. В этом случае тон его колебаний в приемнике будет прослушиваться как немного хриплый. Момент совпадения частот контура при настройке с частотой пятой механической гармоники кварца будет отмечен по резкому улучшению тона. Кроме того, этот режим работы отличен тем, что некоторая перестройка контура в обе стороны от резонанса почти не приведет к изменению частоты генерации. Для того чтобы явление «захвата» частоты генератора кварцевым резонатором было лучше выражено, к точке настройки контура лучше подходить со стороны более низких частот.

Настроив контур $L_1C_1C_2$, переходят к настройке контура L_2C_3. Его настраивают по максимуму отрицательного напряжения смещения на управляющей сетке лампы $Л_2$. Это напряжение измеряют вольтметром (например, Ц-312, ТТ-1 и т. п.) между точкой соединения C_{13}, C_6, R_4, $Др_1$ и общим проводом. Для того чтобы подключение вольтметра не изменило режима работы по высокой частоте, его вход следует зашунтировать в точке подключения конденсатором КСО емкостью 6800 пФ. Напряжение отрицательного смещения при настройке контура в резонанс должно достигать 7—10 В.

Для настройки контура оконечного каскада к выводу антенны подключают эквивалент — лампу накаливания 13 В×0,18 А. Конденсаторы C_9 и C_{11} настраивают по максимуму свечения лампы. Настройка контура довольно остра, поэтому вращать ротор конденсатора C_9 надо медленно, чтобы не пропустить момента загорания лампы. При правильной настройке выходная мощность передатчика в режиме несущей достигает 2 Вт. Анодный ток лампы $Л_2$ при этом составляет примерно 40—50 мА.

На заключительном этапе настройки передатчика налаживают модулятор. Если он работает без искажений и самовозбуждения, налаживание сводится к установке такой глубины модуляции резистором R_7, чтобы при достаточной мощности на выходе передатчика искажения сигнала, прослушиваемого на приемнике, были не очень велики.

Несмотря на предельную простоту передатчика, с его помощью легко удавалось устанавливать связи на расстояния до 40—50 км.

В заключение следует предупредить начинающих радиолюбителей, которые захотят повторить передатчик: приступать к его постройке (даже если не предполагается сразу выход в эфир) можно лишь после получения от местной инспекции электросвязи производственно-технического управления связи разрешения на постройку (приобретение) любительской радиостанции. Оформить такое разрешение следует через местную радиотехническую школу ДОСААФ, а если ее нет в данном населенном пункте — через местный комитет ДОСААФ.

Транзисторный конвертер на 144 МГц

Современный радиолюбительский эфир чрезвычайно загружен. И в обычные дни, а особенно во время соревнований, на сравнительно узких участках радиолюбительских диапазонов радиоволн звучат позывные сотен радиостанций. Наиболее остра проблема взаимных помех на КВ диапазонах, однако и на УКВ в связи с возросшей активностью радиолюбителей-ультракоротковолновиков приходится решать задачи борьбы с перекрестными помехами от близрасположенных радиостанций.

В связи с этим к приемным устройствам УКВ диапазона сейчас предъявляются два противоречивых требования: с одной стороны — необходимость возможно высокой чувствительности (а, значит, высокого усиления каскадов перед смесителем, чтобы его шумы не повышали существенно общий коэффициент шума приемника), с другой — необходимость широкого динамического диапазона, для достижения которого приходится уменьшать усиление по ВЧ.

Чтобы примирить эти противоречивые требования, автор конструкции транзисторного конвертера на 144 МГц Л. Рудь (RB5LCE) из г. Изюм Харьковской области применил каскодный УВЧ на малошумящих транзисторах ГТ329 и ГТ311И с емкостным делителем на входе, который обеспечивает лучшее согласование входа приемника с антенной. Каскодное включение позволило также получить достаточно широкий динамический диапазон усилителя при высоком устойчивом усилении.

Принципиальная схема конвертера приведена на рис. 5-13. Он состоит из УВЧ (T_1, T_2), гетеродина, собранного на транзисторах T_4, T_5 и кварцевом резонаторе $Пэ_1$, и смесителя на транзисторе T_3. Конвертер имеет промежуточную частоту, изменяющуюся от 28 до 30 МГц, и предназначен для использования совместно со связным приемником, имеющим этот диапазон. Конвертер прост по конструкции, а его налаживание доступно радиолюбителю средней квалификации. При тщательной настройке коэффициент шума устройства не превышает 3—3,5 $кT_0$.

Как уже было сказано, УВЧ собран по каскодной схеме, не требующей применения нейтрализации. Нагрузкой усилителя служит П-фильтр, состоящий из конденсаторов C_6 и C_7, катушки L_2, а также выходной и входной емкостей транзисторов T_2 и T_3 соответственно.

Гетеродин конвертера — двухкаскадный. Задающий генератор на транзисторе T_4 собран по трехточечной схеме с индуктивной связью. Кварц $Пэ_1$ на 11,6 МГц включен в цепь обратной связи и возбуждается на частоте пятой механической гармоники (58 МГц). На эту частоту настроен контур L_5C_{13} задающего генератора. В гетеродине возможно применение кварцев и на другие частоты. Например, можно использовать кварцы на 8,286 или 6,444 МГц, возбудив их соответственно на седьмой или девятой механической гармонике. Для возбуждения на столь высокой гармонике потребуется компенсация статической емкости при помощи подключения парал-

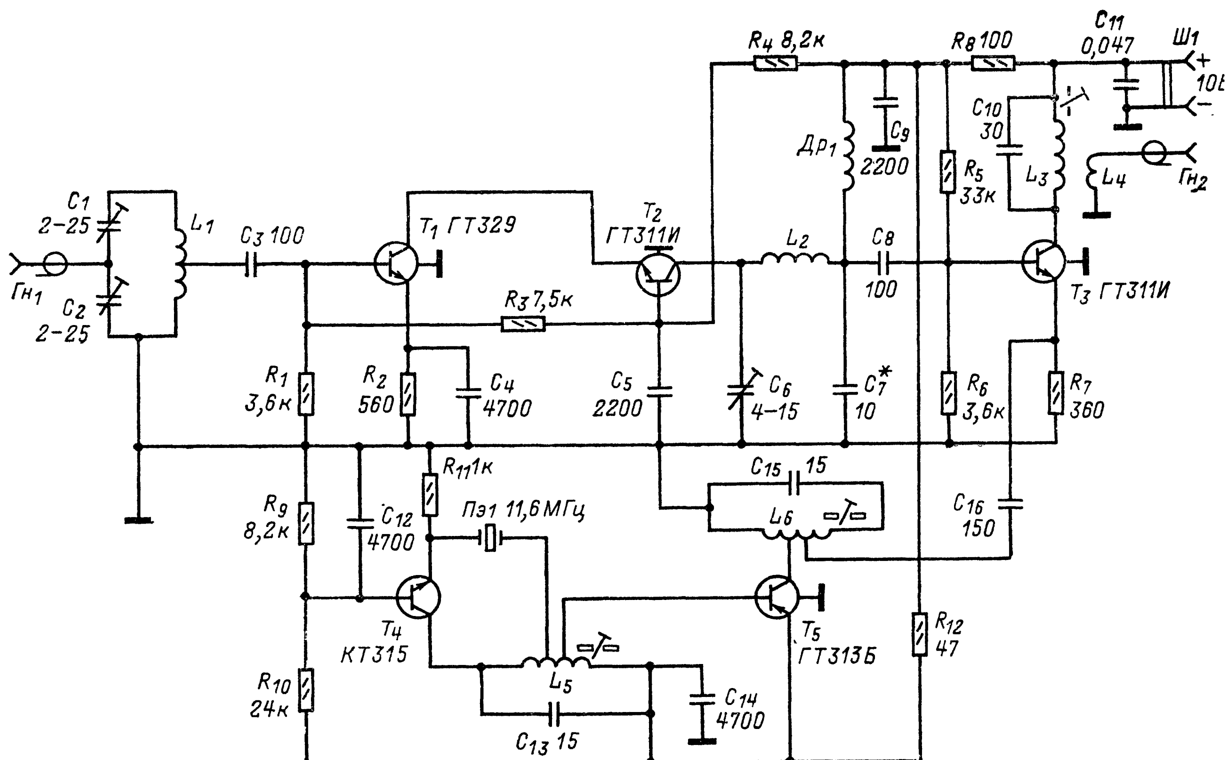


Рис. 5-13. Принципиальная схема конвертера на 144 МГц.

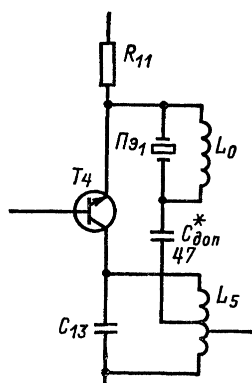


Рис. 5-14. Схема компенсации статической емкости кварцевого резонатора.

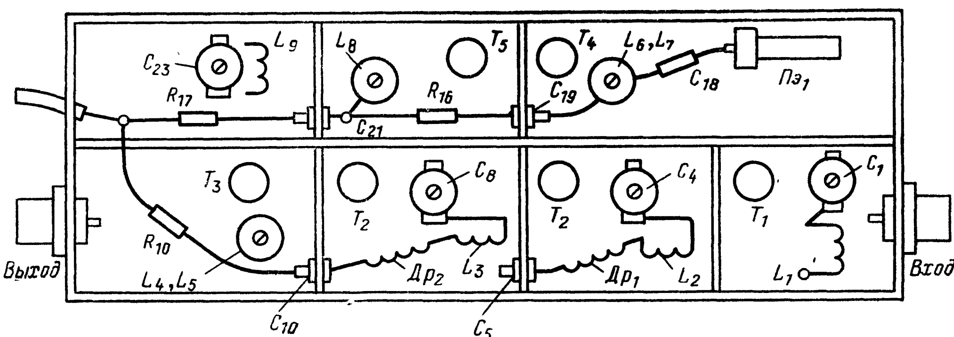


Рис. 5-15. Расположение деталей конвертера.

лельно резонатору компенсирующей катушки L_0 (рис. 5-14). Кварцевый резонатор и катушку L_0 подключают к контуру L_5C_{13} через дополнительный конденсатор $C_{доп}$, емкость которого подбирают в процессе настройки. Частота контура, в который входят индуктивность катушки L_0, емкость кварцедержателя и статическая емкость кварца, также должна составлять 58 МГц.

Второй каскад гетеродина, выполненный на транзисторе T_5, представляет собой удвоитель частоты. Его выходной контур L_6C_{15} настроен на 116 МГц.

Смеситель конвертера также выполнен на малошумящем транзисторе ГТ311И (T_3). Принимаемый сигнал подается на его базу, напряжение гетеродина — на эмиттер. Нагрузкой смесителя служит широкополосный контур L_3C_{10}, настроенный на 29 МГц — середину диапазона изменения промежуточной частоты. Сигнал ПЧ снимается с катушки связи L_4.

Конвертер собран на шасси из листового посеребренного металла (например, латуни) толщиной около 0,5 мм (рис. 5-15). Размеры шасси 85×45×20 мм. Шасси разделено экранирующей перегородкой, отделяющей каскады друг от друга. Монтаж выполнен навесным способом, однако можно применить и монтаж на печатной плате. При любом способе монтажа следует добиваться минимальной длины соединительных проводов для уменьшения влияния их паразитных индуктивностей и емкостей.

Данные катушек конвертера приведены в табл. 5-2. Катушка L_3 подстраивается сердечником СЦР-1, L_5 и L_6 — латунными сердечниками диаметром 3 мм. Для на-

Таблица 5-2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Намотка
L_1	3	Посеребренный, 0,6	Бескаркасная, диаметр 8, длина 4 мм
L_2	4,5	То же	То же, длина 5 мм
L_3	14	ПЭВ-1 0,35	Виток к витку на каркасе диаметром 6,5 мм
L_4	4	ПЭЛШО 0,27	Поверх L_3
L_5	7, отвод от 1-го и 3-го	Посеребренный, 0,5	С шагом 0,75 мм на каркасе диаметром 6,5 мм
L_6	5, отвод от 1-го и 2,5-го	То же	То же

стройки вместо сердечников можно применить подстроечные конденсаторы с максимальной емкостью 10—15 пФ, включив их параллельно катушкам. При этом число витков катушек L_5 и L_6 следует уменьшить. Детали, примененные в конвертере, — малогабаритные: резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы—керамические КМ, КЛС. Дроссель $Др_1$ — бескаркасный; он состоит из 10 витков посеребренного провода диаметром 0,5 мм, внешний диаметр намотки 6 мм. Питается конвертер от стабилизированного источника напряжения, потребляемый ток не превышает 15 мА.

Налаживание конвертера после проверки правильности монтажа начинают с установки коллекторных токов транзисторов при помощи подбора сопротивлений резисторов в базовых цепях. Токи коллекторов транзисторов T_1 и T_2 должны составлять 3,5—4 мА, транзистора T_3 — 3—3,5 мА, транзистора T_4 — 2,5—3 мА. Ток транзистора T_5 зависит от напряжения возбуждения. Этот ток устанавливают в пределах 3—5 мА при настроенном задающем генераторе, подбирая положение отвода от катушки L_5, подключаемого к базе транзистора T_5.

Далее налаживают задающий генератор, временно включив вместо кварцевого резонатора конденсатор емкостью 15—20 пФ. При этом должны возникнуть колебания на частоте около 58 МГц (частоту контролируют волномером или калиброванным приемником). Сердечником катушки настраивают контур L_5C_{13} на 58 МГц. Включив кварцевый резонатор, подстраивают контур до получения устойчивых колебаний на частоте третьей механической гармоники кварца. Контур L_6C_{15} настраивают на 116 МГц. В качестве индикатора при этой настройке можно использовать волномер (или ГИР), которым одновременно будет контролироваться частота. Затем переходят к настройке остальных контуров конвертера. При этом желательно использовать генератор диапазона 144—146 МГц (например, Г4-7А, Г3-8А, ГМВ) или в крайнем случае точно откалиброванный ГИР. В качестве индикатора при применении генератора может служить ламповый вольтметр. Контуры $L_1C_1C_2$ и $L_2C_6C_7$ настраивают на частоту 145 МГц (подстроечным конденсатором), L_3C_{10} — на частоту 29 МГц (сердечником катушки).

Вся описанная процедура настройки является предварительной. Для достижения наибольшей чувствительности (минимального коэффициента шума) конвертер необходимо настроить окончательно с помощью генератора шума. При этом следует подобрать оптимальную амплитуду напряжения гетеродина, коллекторные токи транзисторов T_1 и T_2 и соотношение емкостей подстроечных конденсаторов C_1 и C_2.

SSB передатчик на 144 МГц

Общеизвестно, что однополосная модуляция (SSB) имеет неоспоримые преимущества перед амплитудной. На КВ диапазонах телефонная любительская связь в подавляющем большинстве случаев ведется на SSB. Однако на УКВ диапазонах АМ пока еще применяется достаточно широко. Это можно объяснить, по-видимому, лишь одним — отсутствием простых конструкций SSB передатчиков, повторение которых было бы под силу большому числу ультракоротковолновиков. Конструкция передатчика радиолюбителя В. Вылегжанина (RA3DCN) из подмосковного города Истры до некоторой степени восполняет пробел. Передатчик несложен по конструкции и в налаживании, не содержит дефицитных деталей. Его принципиальная схема показана на рис. 5-16. Передатчик состоит из двух функциональных узлов: собственно передатчика с кварцевой стабилизацией, собранного на лампах, и транзисторного формирователя SSB сигнала. Формирование происходит по фильтровому методу с использованием высокочастотного кварцевого фильтра. Сформированный SSB сигнал путем последовательных преобразований переносится на рабочую частоту передатчика.

Сигнал звуковой частоты, поступающий от микрофона $Мк_1$, усиливается двухкаскадным усилителем на транзисторах T_1, T_2. Ко второму каскаду усилителя выключателем B_1 может быть подключен ограничитель амплитуды, состоящий из диодов $Д_1$, $Д_2$. Во время приема слабого сигнала такое ограничение повышает разбираемость (оно эквивалентно увеличению средней мощности передатчика). Также для повышения разбираемости в усилителе предусмотрено частотное предыскажение сигнала — подъем частотной характеристики в районе 2—2,5 кГц и резкий ее спад на более высоких частотах. Такой вид характеристики обеспечивается выбором емкостей переходных и блокировочных конденсаторов.

В режиме настройки передатчика ко входу УНЧ подключается выключателем B_2 генератор синусоидального сигнала на транзисторе T_3. В цепи его обратной связи установлен ограничитель на диоде $Д_9$, препятствующий появлению нелинейных искажений синусоиды из-за насыщения транзистора.

УНЧ нагружен на первичную обмотку трансформатора $Тр_2$. К вторичной обмотке $Тр_2$ подключен кольцевой балансный модулятор на диодах $Д_3$—$Д_6$. На другую диагональ модулятора поступает сигнал частотой 1,73 МГц от опорного кварцевого генератора, собранного на транзисторе T_4 и резонаторе $Пэ_1$ по схеме с индуктивной обратной связью.

На выходе балансного модулятора выделяется модулированный сигнал с двумя боковыми полосами и подавленной несущей (DSB). Для преобразования его в SSB сигнал требуется отфильтровать одну из боковых полос (в данной конструкции — нижнюю) и остаток несущей. Эту задачу выполняет двухзвенный дифференциально-мостовой фильтр на кварцевых резонаторах $Пэ_2$—$Пэ_5$.

Полученный SSB сигнал усиливается УВЧ на транзисторе T_5, нагруженном на контур L_5C_{11}. С катушки связи L_6 этого контура сигнал поступает на диодный балансный смеситель, выполненный на диодах $Д_7$, $Д_8$. На него подается также сигнал с частотой 10 МГц от второго кварцевого генератора, собранного на транзисторе T_6 и резонаторе $Пэ_6$. На нагрузке диодного смесителя — контуре L_8C_{12} — выделяется SSB сигнал суммарной частоты (11,73 МГц), который усиливается каскадом на транзисторе T_7 и подается на управляющую сетку лампы $Л_2$, играющей роль второго смесителя. На защитную сетку лампы подается сигнал с частотой 132,5 МГц, получаемый с помощью кварцевого генератора на левом по схеме триоде лампы $Л_1$ и резонаторе $Пэ_7$ и умножителя частоты на правом триоде $Л_1$.

В анодную цепь второго смесителя включен сложный трехконтурный фильтр. Его применение вызвано тем, что частота гетеродина относительно высока и ее

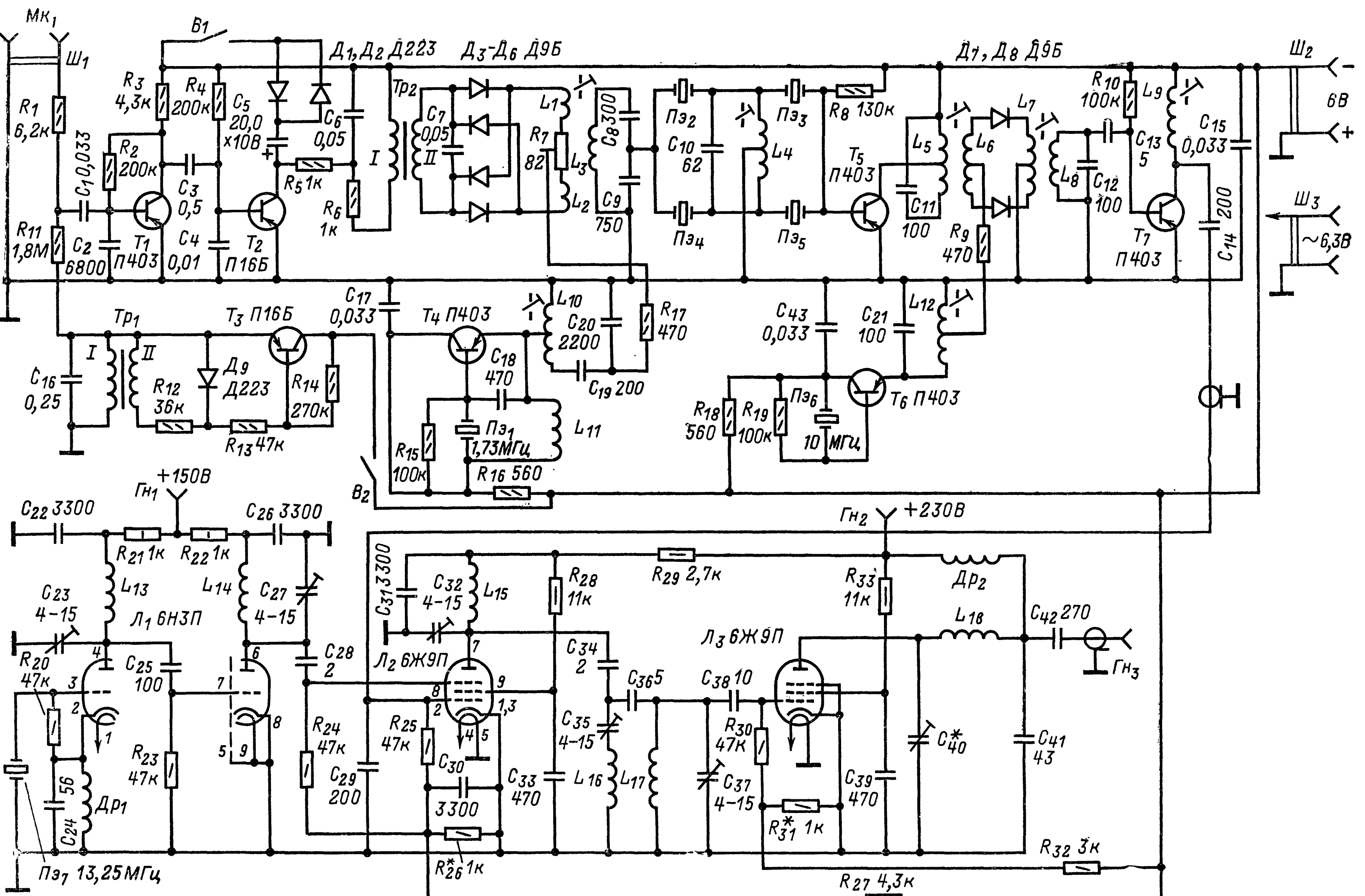


Рис. 5-16. Принципиальная схема SSB передатчика на 144 МГц (у обмотки *II* трансформатора $Tр_2$ должен быть отвод, соединенный с общим проводом).

трудно отфильтровать одиночным контуром, имеющим на высоких частотах низкую добротность. Контуры $L_{15}C_{32}$ и $L_{17}C_{37}$ этого фильтра настроены на суммарную частоту смешиваемых сигналов (144,23 МГц), режекторный контур $L_{16}C_{35}$ — на частоту гетеродина (132,5 МГц).

Суммарный сигнал с частотой рабочего диапазона усиливается оконечным каскадом ВЧ на лампе $Л_3$, работающим в режиме АВ. Усиленный сигнал через П-фильтр $L_{18}C_{40}C_{41}$ поступает через гнездо $Гн_3$ в антенну. На нагрузке 75 Ом передатчик развивает мощность до 2,5 Вт.

В качестве блока-формирователя SSB сигнала можно также применить имеющийся коротковолновый SSB передатчик на 14, 21 или 28 МГц. В этом случае SSB сигнал КВ передатчика с амплитудой не более 1,5 В подают на управляющую сетку лампы $Л_2$. Частота кварцевого резонатора $Пэ_7$ должна быть такой, чтобы после умножения и суммирования с частотой SSB передатчика был получен сигнал в диапазоне 144—146 МГц. В этом случае, перестраивая частоту КВ передатчика, можно изменять частоту излучаемого сигнала. Это более удобно (особенно при участии в соревнованиях), чем работа на одной фиксированной частоте.

Плавную перестройку УКВ передатчика можно также получить, если генератор на лампе выполнить по схеме перестраиваемого кварцевого генератора (например, по схеме на рис. 5-17).

Конструктивно передатчик выполнен в виду двух блоков — транзисторного и лампового. Первый блок смонтирован на печатной плате (возможно применение навесного монтажа), второй — на шасси из латуни толщиной 0,5—1 мм.

В подвале шасси устанавливают экранирующие перегородки, разделяющие выводы ламповых панелей, относящиеся к сеточным и анодным цепям. Экранами отделены от других деталей также опорный кварцевый генератор на 1,73 МГц, балансный смеситель и кварцевый фильтр, находящиеся в транзисторном блоке.

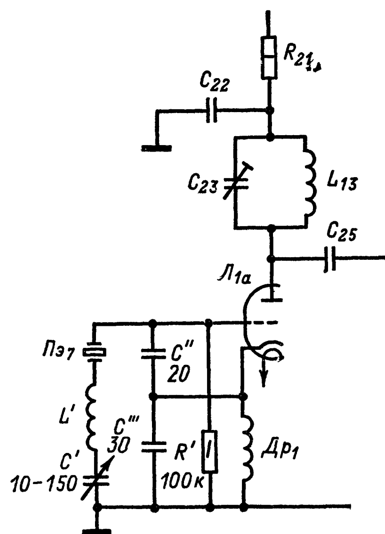


Рис. 5-17. Перестраиваемый кварцевый генератор.

Все соединения экранов с шасси тщательно пропаивают. Латунное шасси используется в качестве общего провода, все соединения с ним должны быть выполнены проводниками минимальной длины. Соблюдение этого правила необходимо для устранения возможности самовозбуждения каскадов, так как на УКВ собственные емкости и индуктивности монтажа могут играть заметную роль. Сигнал с выхода усилителя на транзисторе T_7 подается на управляющую сетку лампы $Л_2$ по кабелю длиной 200 мм. В случае применения более длинного кабеля следует уменьшить емкость конденсатора C_{29}.

Таблица 5-3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1, L_2	8	ПЭВ-1 0,15
L_3	40	ПЭВ-1 0,15
L_4	50	ПЭВ-1 0,15
L_5	10	ПЭВ-1 0,35
L_6	4	ПЭВ-1 0,35
L_7	4	ПЭВ-1 0,35
L_8	10	ПЭВ-1 0,35
L_9	10	ПЭВ-1 0,35
L_{10}	7	ПЭВ-1 0,15
L_{11}	60	ПЭВ-1 0,15
L_{12}	12	ПЭВ-1 0,35
L_{13}	8	Посеребренный, 0,64
L_{14}	3	Посеребренный, 0,64
L_{15}	3	Посеребренный, 0,64
L_{16}	6	Посеребренный, 0,64
L_{17}	3	Посеребренный, 0,64
L_{18}	6	Посеребренный, 1,0
$Др_1$	16	ПЭВ-1 0,35
$Др_2$	40	ПЭВ-1 0,35

Данные катушек и дросселей передатчика приведены в табл. 5-3. Катушки L_1—L_{12} и дроссель $Др_1$ намотаны на каркасах диаметром 8 мм, дроссель $Др_2$ — на каркасе диаметром 6 мм. Катушки L_{13}—L_{18} бескаркасные. Диаметр оправки, на которую наматывают катушки L_{13}—L_{17}, равен 7 мм, L_{18} — 10 мм. Катушки L_1 и L_2 намотаны на одном каркасе в два провода каждая; начало одной обмотки соединено с концом другой (для лучшей симметрии). Катушка L_3 размещена на одном каркасе с катушками L_1 и L_2 — точно посередине между ними. Катушки L_5 и L_6, L_7 и L_8, L_{10} и L_{11} также размещены на общих каркасах попарно, однако особых требований к симметричности обмоток здесь не предъявляется. У катушек L_4, L_6, L_7 и L_{10} отводы от середины, у L_5 и L_{12} — от 3-го витка сверху (по схеме).

Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из феррита М2000НН, типоразмер К20×12×5. Его первичная обмотка содержит 500, вторичная — 200 витков провода ПЭВ-1 0,12. Трансформатор $Тр_2$ выполнен на сердечнике ОЛ12/20-6,5 из стали Э-340, первичная обмотка содержит 600, вторичная — 800 витков того же провода с отводом от середины.

Постоянные конденсаторы, примененные в передатчике, КМ или КЛС, подстроечные, кроме C_{40} — КПМ, C_{40} — любого типа с воздушным диэлектриком и уменьшенной до 0,7 пФ минимальной емкостью. Постоянные резисторы — МЛТ, подстроечный (R_7)—СПО или СП3-4. Типы остальных примененных в передатчике деталей могут быть практически любыми.

Наиболее ответственной частью формирователя SSB сигнала является кварцевый фильтр, от тщательности исполнения которого зависит степень подавления нежелательной боковой полосы. В принципе такой фильтр может обеспечить ее подавление на 40—50 дБ, что в любительских условиях вполне достаточно для получения SSB сигнала хорошего качества.

Перед установкой в конструкцию кварцевые резонаторы следует подобрать. Для этого подбора радиолюбитель должен располагать пятью — шестью кварцами на частоту 1730 кГц.

Вначале, собрав несложное устройство (рис. 5-18), определяют частоты последовательного и параллельного резонанса кварца. Первый резонанс будет соответствовать максимальному показанию вольтметра, второй — минимальному. Для фильтра отбирают кварцы, разность частот резонансов (ширина резонансного интервала) у которых превышает 1 кГц. Затем проверяют отсутствие у отобранных резонаторов паразитных резонансов в пределах ±(20—30) кГц от частот последовательного и параллельного резонансов. Если таковые все же наблюдаются, следует выбрать такие кварцы, у которых они выражены слабо и проявляются на разных частотах.

Для использования в качестве $Пэ_3$ и $Пэ_4$ отбирают два кварца, имеющих равные частоты последовательного резонанса, два других кварца перестраивают вверх по частоте. Чтобы получить ширину полосы пропускания фильтра около 2,5 кГц (для разборчивой передачи речи, как известно, необходима именно такая полоса), частота последовательного резонанса кварцев $Пэ_2$ и $Пэ_5$ должна быть выше частоты кварцев $Пэ_3$ и $Пэ_4$ на 1,8 кГц. При этом перед перестройкой кварцы должны иметь ширину резонансного интервала не менее 2 кГц. Если подобрать такие кварцы не удалось, можно пойти на некоторое уменьшение полосы пропускания фильтра (разборчивость сигнала при этом, естественно, несколько ухудшится). Тогда кварцы $Пэ_2$ и $Пэ_5$ перестраивают вверх по частоте на 0,9 ширины резонансного интервала.

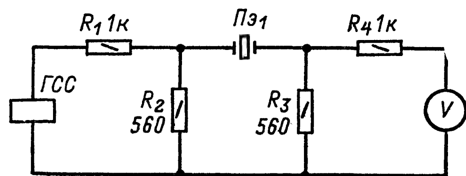


Рис. 5-18. Схема проверки кварцевых резонаторов.

Существует несколько способов перестройки частоты кварцевых резонаторов. Наиболее простым способом (если используются резонаторы с прямоугольными кварцевыми пластинами, что бывает в подавляющем большинстве случаев) является шлифовка нерабочих граней. Она заключается в равномерном снятии фасок на всех восьми гранях. Для шлифовки на ровную полированную поверхность или стекло кладут лист микронной наждачной бумаги и, придав кварцевой пластине наклон 35—45°, легкими движениями руки снимают фаски. Частоту колебаний пластины при этом следует возможно чаще контролировать.

Собранный кварцевый фильтр нуждается в настройке, для чего его подключают вместо одиночного резонатора к устройству, схема которого дана на рис. 5-18. Сопротивления резисторов R_2 и R_3, включенных параллельно фильтру, берут вначале равными 2 кОм, так как характеристическое сопротивление фильтра пока неизвестно. Сопротивления развязывающих резисторов R_1 и R_4 — несколько десятков килоом. Снимают (по точкам) частотную характеристику фильтра в диапазоне ±5 кГц от средней частоты полосы пропускания. Первоначально она может быть несимметричной, иметь всплески, глубокие провалы. Подбирая сопротивление резисторов R_1 и R_2, добиваются, чтобы характеристика стала симметричной и не имела в полосе пропускания неравномерности более 1—2 дБ. Полученная характеристика, как правило, будет иметь пологие скаты. Для улучшения ее прямоугольности параллельно более высокочастотным кварцам включают подстроечные конденсаторы (сначала параллельно одному, затем — другому кварцу) и подбирают их емкость так, чтобы затухание на появившихся «хвостах» (всплесках вне полосы пропускания) было не менее 40 дБ. Правильно настроенный фильтр должен иметь более или менее симметричный вид с четырьмя точками бесконечного затухания (по две с каждой стороны полосы пропускания).

Налаживание передатчика начинают с измерения анодных токов ламп. Токи должны быть равны 20—25 мА у $Л_2$ и 12—16 мА — у $Л_3$ (кварц $Пэ_7$ при этом должен быть отключен). В случае необходимости подбирают сопротивления резисторов R_{26} и R_{31}.

Убедившись, что кварцевый генератор на лампе $Л_1$ генерирует колебания (об этом можно судить по резкому изменению анодного тока левого триода при подключении и отключении кварца), настраивают контур $L_{13}C_{23}$ на частоту 66,25 МГц, контролируя ее волномером (или ГИР). Аналогичным способом настраивают контур $L_{14}C_{27}$ на частоту 132,5 МГц. Чтобы частота контура не изменилась при контроле, связь контура с измерительным прибором следует выбирать минимальной. Настроив контуры $L_{13}C_{23}$ и $L_{14}C_{27}$, вынимают лампу $Л_1$ из панели, к выходу передатчика подключают эквивалент антенны (резистор сопротивлением 75 Ом и мощностью 2 Вт). Подают на управляющую сетку лампы $Л_2$ сигнал от генератора с частотой 144,23 МГц и амплитудой 1 В и по максимуму напряжения, измеряемого ламповым вольтметром на эквиваленте антенны, настраивают контуры $L_{15}C_{32}$, $L_{17}C_{37}$ и $L_{18}C_{40}C_{41}$ подстроечными конденсаторами. Затем перестраивают генератор на 132,5 МГц и по минимуму напряжения настраивают контур $L_{16}C_{35}$. После этого вновь подстраивают контуры $L_{15}C_{32}$ и $L_{17}C_{37}$. Эту операцию повторяют последовательно несколько раз.

Если задающий генератор выполнен с плавной перестройкой частоты (по схеме на рис. 5-17), его налаживание начинают с подбора числа витков катушки L'. Вначале наматывают 60 витков проводом ПЭЛШО 0,15 внавал на каркасе диаметром 8—10 мм и устанавливают конденсатор C' в положение максимальной емкости. Если генератор не работает, постепенно уменьшают число витков катушки L'. Добившись появления генерации, переводят конденсатор C' в положение минимальной емкости. Если колебания при этом срываются, параллельно C' включают конденсатор емкостью 5—10 пФ.

Затем проверяют перекрытие генератора по частоте. Оно должно составлять 400—500 кГц. Если же получено меньшее перекрытие, подбирают соотношение емкостей конденсаторов C'' и C'''. Для того чтобы перекрыть все частоты диапазона 144—146 МГц, можно применить набор кварцев. В этом случае выбирают наиболее активные экземпляры, обеспечивающие получение генерации при заданных параметрах C и L.

Завершив настройку каскадов на лампах, включают питание транзисторного блока. Налаживание УНЧ особенностей не имеет. Его можно провести, используя сигнал генератора звуковой частоты на транзисторе T_3. Затем настраивают сердечником контур $L_3C_8C_9$.

Отключив генератор, балансируют резистором R_7 балансный модулятор по минимуму несущей, измеряемой ВЧ вольтметром на входе фильтра. Если кварцевый фильтр был предварительно настроен, на его выходе будет получен сформированный SSB сигнал. Включив микрофон и прослушав SSB сигнал с частотой 11,73 МГц на связном приемнике, устанавливают по наиболее естественному тембру голоса частоту опорного кварца $Пэ_1$. Эта частота должна быть на 300 Гц ниже частоты нижнего ската кварцевого фильтра. Любое отклонение от необходимой настройки кварца будет сразу заметно на слух. Если частота окажется слишком высокой, тембр голоса будет низким, бубнящим. При этом на выходе фильтра появится остаток неподавленной балансным модулятором несущей. Если же частота кварца $Пэ_1$ будет более чем на 300 Гц отличаться от нижней границы фильтра, спектр станет неестественно высоким.

Далее, включив снова звуковой генератор на транзисторе T_3, последовательно настраивают контуры L_5C_{11}, $L_{12}C_{21}$ и L_8C_{12}. В заключение включают оба блока и проверяют напряжение ВЧ сигнала на эквиваленте антенны. Оно должно достигать 17—18 В.

Двухдиапазонная УКВ антенна

Обычно при установке антенны радиолюбителю приходится решать проблему совмещения в одной конструкции антенн разных любительских диапазонов. Как правило, многодиапазонные антенны имеют худшие по сравнению с однодиапазонными параметры, так как их решения являются компромиссными с точки зрения размеров и характеристик. Удачное решение двухдиапазонной антенны, предназначенной для диапазонов 144 и 28 МГц, предложил москвич В. Поляков. Его антенна вертикальная, поэтому в горизонтальной плоскости она имеет круговую диаграмму направленности. В вертикальной плоскости диаграмма направленности в диапазоне 28 МГц соответствует диаграмме штыревой антенны с наклонными противовесами («Ground Plane»), в диапазоне 144 МГц — диаграмме вертикального полуволнового вибратора. Таким образом, в обоих диапазонах основное излучение антенны направлено под малыми углами к горизонту, что выгодно для проведения дальних связей. Питается антенна с помощью любого коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом и при переходе с одного диапазона на другой не требует никаких переключений.

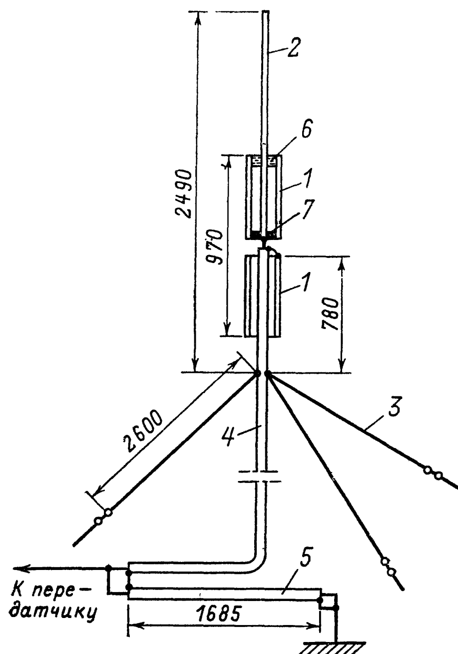


Рис. 5-19. Конструкция двухдиапазонной УКВ антенны.

Конструкция антенны показана на рис. 5-19. В диапазоне 28 МГц она представляет собой штырь *2* с тремя наклонными противовесами *3*. В диапазоне 144 МГц излучающим элементом является вертикальный полуволновый вибратор, состоящий из двух элементов — трубок *1*. Длина элементов одинакова. Штырь *2* пропущен сквозь верхний элемент *1* и соединен с ним в точке подключения центральной жилы кабеля *4*. К оплетке кабеля подключены нижний элемент антенны на 144 МГц и наклонные противовесы антенны диапазона 28 МГц.

В диапазоне 144 МГц верхняя половина дипольной антенны образует четвертьволновый запирающий стакан, поэтому ток в штыревой антенне не наводится. Точно так же действует нижняя половина по отношению к оплетке питающего кабеля. Таким образом, все элементы антенны диапазона 28 МГц в этом случае оказываются электрически изолированными и не влияют на работу антенны диапазона 144 МГц. В диапазоне 28 МГц излучающими являются все элементы антенны. Влияние вибратора диапазона 144 МГц здесь компенсируется некоторым уменьшением размеров штыря, которое подбирается экспериментально при настройке. В конструкции В. Полякова это укорочение составило примерно 100 мм.

Входное сопротивление антенны в диапазоне 144 МГц равно сопротивлению полуволнового вибратора, т. е. 75 Ом, поэтому оно хорошо согласуется с сопротивлением кабеля. В диапазоне 28 МГц сопротивление зависит от угла наклона противовесов и для 60° составляет примерно 40—60 Ом в точке соединения противовесов с оплеткой кабеля. Однако в данной конструкции точка питания смещена вверх, поэтому входное сопротивление антенны оказывается несколько большим. При выбранных размерах оно также примерно составляет 75 Ом. В связи с этим и во втором диапазоне согласование антенны с кабелем получается вполне удовлетворительным.

Частота, МГц . . .	28,0	28,5	29,0	29,5	144—146
КСВ	1,5	1,3	1,17	1,4	1,2

Здесь приведены значения КСВ, полученные В. Поляковым без какой-либо предварительной настройки. КСВ заметно изменялся лишь в диапазоне 28 МГц. В диапазоне 144—146 МГц полоса пропускания антенны получилась настолько широкой, что КСВ оставался неизменным во всем диапазоне.

Штырь антенны изготовлен из дюралюминиевого прутка диаметром 8 мм, диполь — из дюралюминиевых же трубок диаметром 30 мм. Противовесы выполнены из антенного канатика. Антенна укреплена на деревянной мачте на фарфоровых изоляторах. На верхнем конце трубки диполя установлена фарфоровая октальная ламповая панель *6* с удаленными лепестками, через отверстие в которой проходит штырь. Таким образом достигается фиксация и центровка штыря относительно верхней половины вибратора. Нижний конец штыря жестко закреплен и соединен электрически с вибратором с помощью металлического вкладыша *7*.

Так как антенна электрически изолирована от земли, необходимо принять меры к ее грозозащите. Это достигается подключением к питающему кабелю короткозамкнутого шлейфа 5. Длина шлейфа в диапазоне 144 МГц равна 5/4 λ, в диапазоне 28 МГц — 1/4 λ. Как известно, сопротивление четвертьволнового отрезка линии теоретически равно бесконечности. Практически же сопротивление шлейфа оказывается на несколько порядков выше сопротивления антенны и не оказывает на ее работу никакого влияния.

Приемник прямого преобразования

В последние годы радиолюбители все чаще применяют в своих конструкциях приемной аппаратуры прямое преобразование частоты. Принцип работы приемника прямого преобразования прост: принятые сигналы поступают на смесительный детектор. На него также подается сигнал гетеродина, частота которого отличается на 1—3 кГц от частоты принятого сигнала. При этом на выходе детектора выделяется спектр низкочастотных сигналов. Необходимая полоса принимаемых частот выделяется из этого спектра *RC*-фильтром. Интерес к приемникам прямого преобразования объясняется их положительными качествами: использование УНЧ на транзисторах или интегральных схемах позволяет получить высокочувствительный (лучше 1 мкВ) малогабарит-

ный приемник; применение добротных фильтров НЧ позволяет достичь высокой избирательности; настройка приемника весьма несложна (нет контуров ВЧ, ПЧ и т. д.); частоту гетеродина на высокочастотных диапазонах можно умножать при сохранении высокой стабильности; у приемника отсутствует высокочастотный зеркальный канал (один из самых больших недостатков супергетеродинных приемников). Но есть недостатки и у приемников прямого преобразования. Один из них— присутствие в спектре НЧ сигнала обеих боковых полос (наличие зеркального канала, примыкающего по частоте к основному), что затрудняет прием SSB сигналов. Устранить этот недостаток можно, подавив низкочастотный зеркальный канал фазовым методом. Именно так поступил московский радиолюбитель кандидат технических наук В. Поляков (RA3AAE) в своей конструкции CW и SSB приемника прямого преобразования.

Параметры приемника

Диапазон	28—29,7 МГц
Чувствительность при отношении сигнал/шум 10 дБ	0,4 мкВ
Полоса пропускания с неравномерностью 3 дБ	2,6 кГц
Избирательность:	
при расстройке +5÷—4 кГц . . .	—60 дБ
при расстройке +8÷—5 кГц . . .	—80 дБ
Подавление нижней боковой полосы .	40 дБ
Реальная избирательность:	
при расстройке 10 кГц	≥70 дБ
при расстройке 4 МГц	≥90 дБ
Уход частоты гетеродина при комнатной температуре	≤20 Гц/мин

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 5-20. Сигнал из антенны через аттенюатор (резистор R_1) и двухзвенный фильтр L_1C_2, L_2C_3, пропускающий полосу около 3 МГц, поступает на базу УВЧ (транзистор T_1). Аттенюатор служит для уменьшения уровня входного сигнала, что бывает полезным при наличии мощной помехи, вызывающей перекрестную модуляцию. Входной полосовой фильтр ослабляет помехи, частоты которых лежат вне принимаемого диапазона. Кроме повышения чувствительности приемника УВЧ практически устраняет «пролезание» сигнала гетеродина в антенну. На выходе УВЧ включен контур L_3C_7, связанный индуктивно с катушкой L_4. Сигнал с последней поступает на балансные смесители, собранные на диодах $Д_1$ и $Д_2$, $Д_3$ и $Д_4$. Применение балансных смесителей необходимо для уменьшения явления прямого амплитудного детектирования сигналов. Смесители балансируются резисторами R_4 и R_5. На движки этих резисторов подается с ВЧ фазовращателя (L_8, R_{17}, C_{19}) сигнал гетеродина.

Гетеродин состоит из задающего генератора (транзистор T_2) и буферного каскада (транзистор T_3). В отличие от остальных каскадов приемника в гетеродине применены кремниевые транзисторы. Это сделано с целью повышения стабильности частоты генерируемого сигнала. Задающий генератор собран по трехточечной схеме с емкостной связью. Частота его перестраивается с помощью варикапа $Д_5$, причем для повышения плавности настройки предусмотрены два органа управления — грубой (резистор R_{11}) и точной (резистор R_{12}) настройки. Напряжение, подаваемое на варикап, стабилизировано стабилитроном $Д_6$.

Сигнал задающего генератора через конденсатор C_{15} подается на буферный каскад, в коллекторную цепь которого включен неперестраиваемый по диапазону контур L_6C_{18}.

Напряжение с катушки связи L_7 приложено к ВЧ фазовращателю $R'_{17}L'_8C_{19}$. Левая (по схеме) половина катушки L_8 и конденсатор C_{19} образуют последовательный контур, настроенный на среднюю частоту диапазона. Напряжения на катушке и конденсаторе равны и противоположны по знаку. Напряжение на правой половине катушки L_8 складывается с напряжением на конденсаторе C_{19} и образует одно из выходных напряжений фазовращателя (сдвинутое на 90° относительно тока в L_7 и R_{17}). Другое выходное напряжение снимается с резистора R_{17}. Если его сопротивление равно сумме реактивных сопротивлений конденсатора C_{19} и половины катушки L_8, оба выходные напряжения будут равны. Разница в 1% между ними появляется только при расстройках частоты на 15%, сдвиг фаз на 90° при этом сохраняется

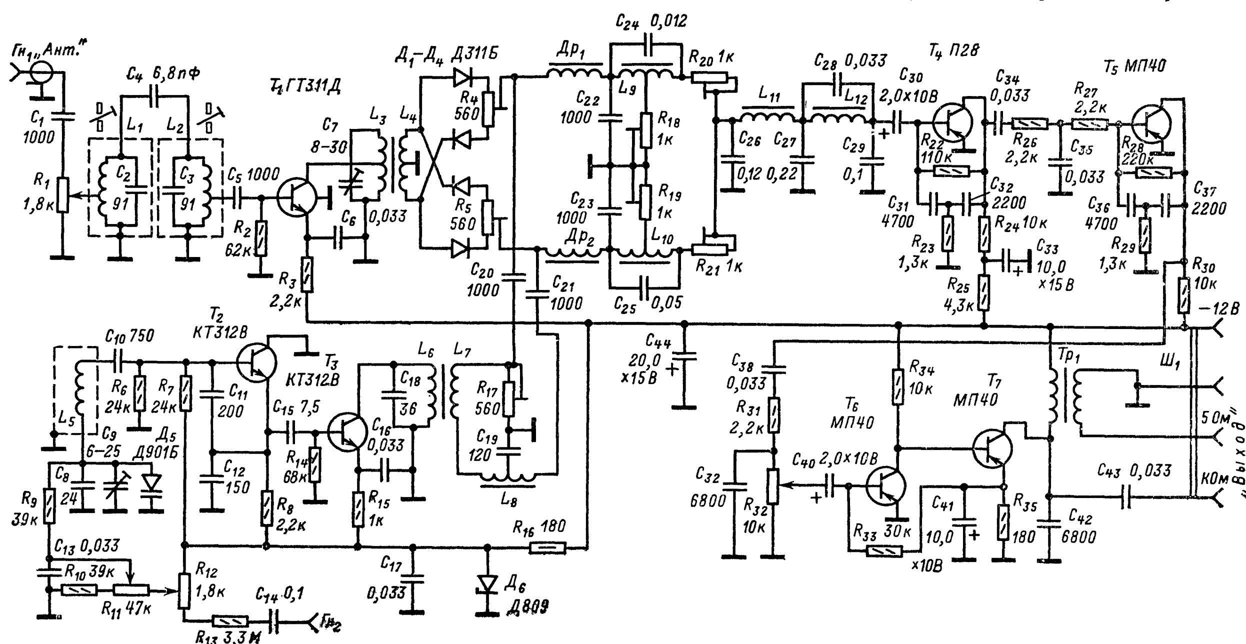


Рис. 5-20. Принципиальная схема приемника прямого преобразования.

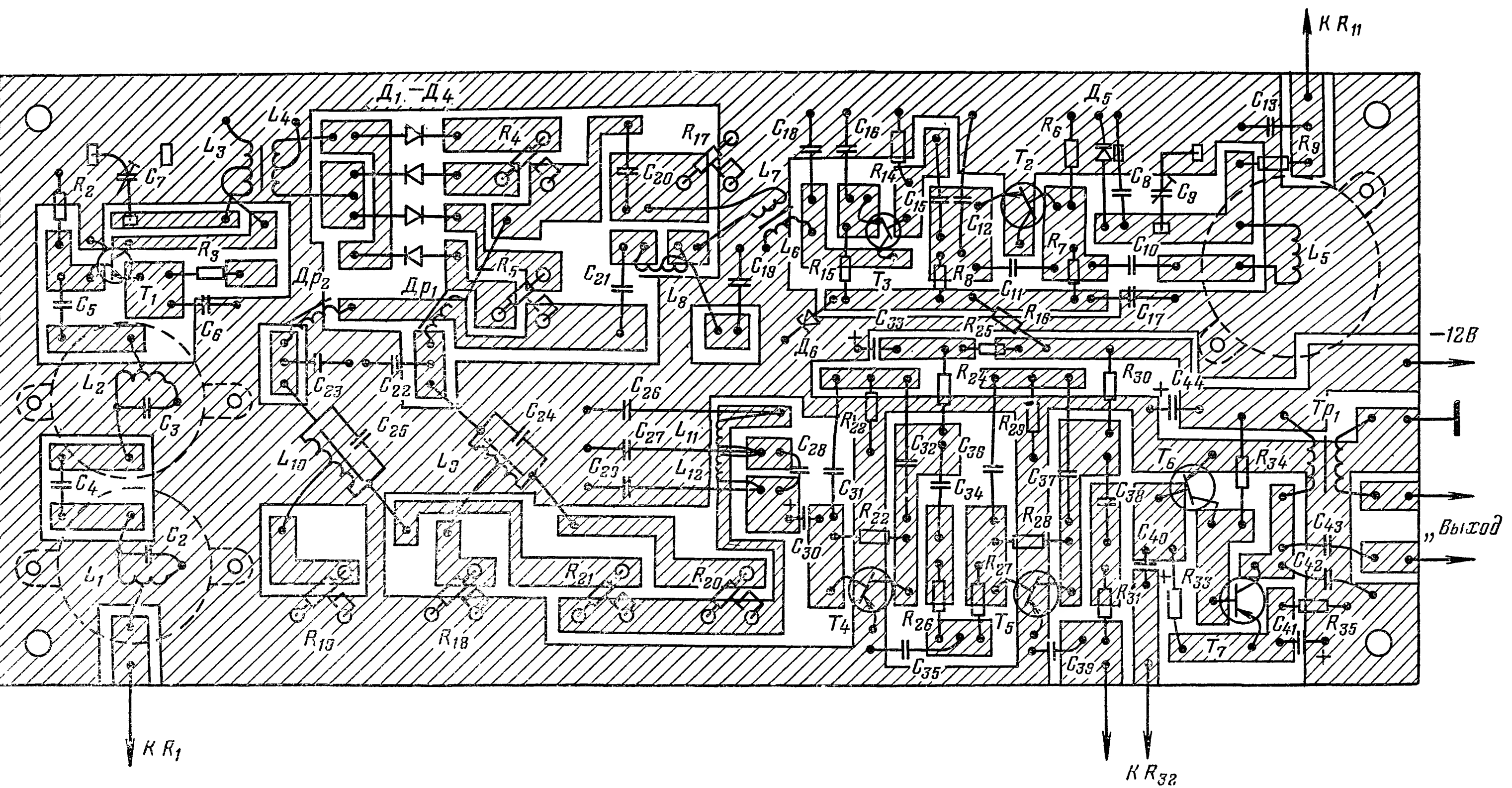


Рис. 5-21. Печатная плата приемника.

Выходные напряжения, получаемые на выходах балансных смесителей, в результате смешивания принимаемого сигнала и сигнала гетеродина оказываются также сдвинутыми по фазе относительно друг друга на 90°. Эти напряжения подаются на низкочастотный фазовращатель, образованный двумя параллельными контурами L_9C_{24}, $L_{10}C_{25}$ и четырьмя резисторами R_{18}—R_{21}. Цепи $Др_1C_{22}$ и $Др_2C_{23}$ служат для развязки по высокой частоте. Принцип работы фазовращателя состоит в следующем: модуль коэффициента передачи каждого плеча (например, $L_9C_{24}R_{18}R_{20}$) не зависит от частоты, а фазовый сдвиг изменяется от 0 до 360° при изменении частоты от нуля до бесконечности. Частоты настройки контуров (1880 и 480 Гц) выбраны так, что разность фазовых сдвигов в диапазоне 300—3000 Гц примерно постоянна и равна 90±1°. Резисторы R_{20} и R_{21} компенсируют влияние выходных сопротивлений балансных смесителей. На выходе НЧ фазовращателя (подвижных контактах резисторов R_{20} и R_{21}) выделяется сформированный низкочастотный SSB сигнал с верхней боковой полосой. В дальнейшем он фильтруется и усиливается. Двухзвенный фильтр $L_{11}L_{12}C_{26}$—C_{29} обеспечивает основную селекцию сигнала и определяет избирательность приемника.

УНЧ — четырехкаскадный (для получения высокой чувствительности в приемнике прямого преобразования должно быть обеспечено значительное усиление по низкой частоте). Два первых каскада усилителя охвачены цепями обратной связи $C_{31}C_{32}R_{23}$ и $C_{36}C_{37}R_{29}$, что создает завал частотной характеристики на частотах выше 3 кГц. Это способствует уменьшению шума и стабилизирует работу усилителя. Этой же цели служит цепь $R_{26}C_{35}R_{27}$. Усиление по низкой частоте регулируется переменным резистором R_{32}. Два последних каскада усилителя включены по схеме с непосредственной связью. Выходной каскад позволяет подключать низкоомную (5 Ом) динамическую головку (через трансформатор $Тр_1$) или высокоомные (1 кОм) телефоны (через конденсатор C_{43}).

Для питания приемника можно использовать стабилизированный выпрямитель или аккумулятор.

Данные катушек и дросселей приемника приведены в табл. 5-4. Катушки L_1, L_2 и L_5 намотаны на каркасах диаметром 8 мм (длина намотки L_1 и L_2 — 16 мм, L_5— 9 мм). Они заключены в цилиндрические алюминиевые экраны. Катушки L_3, L_4, L_6—L_8 и дроссели $Др_1$, $Др_2$ намотаны на кольцах из феррита 100НН, типоразмер К8×4×2, катушки L_9, L_{10} — на кольцах К18×8×5 и L_{11}, L_{12} — на кольцах К10×6×5 из феррита 2000НМ. Симметричные катушки смесителя и фазовращателя наматывают одновременно двумя проводами. Начало одной половины обмотки соединяют с концом другой, создавая таким образом средний вывод. Трансформатор $Тр_1$ намотан на магнитопроводе Ш6×8. Он содержит 1000 витков провода ПЭЛ 0,07 в первичной и 70 витков провода ПЭЛ 0,3 во вторичной обмотках. Все резисторы — УЛМ и МЛТ. Конденсаторы ВЧ контуров — керамические или КСО, НЧ фазовращателя и фильтра — МБМ с допуском ±10%, электролитические — К50-6, остальные КЛС или МБМ.

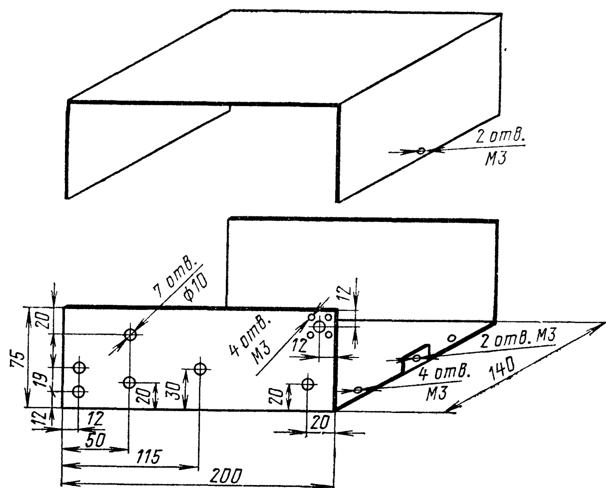


Рис. 5-22. Конструкция шасси и кожуха приемника.

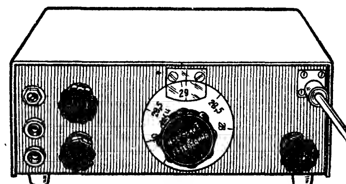


Рис. 5-23. Внешний вид приемника.

Таблица 5-4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность
L_1, L_2	10, отвод от 4-го снизу	ПЭЛ 0,69	0,3* мкГ
L_3	6, отвод от 2-го снизу	ПЭЛШО 0,25	1,0* мкГ
L_4	2+2	ПЭЛШО 0,25	—
L_5	13	ПЭЛ 0,69	0,8 мкГ
L_6	5	ПЭЛШО 0,25	0,7 мкГ
L_7	3	ПЭЛШО 0,25	—
L_8	3+3	ПЭЛШО 0,25	1 мкГ
L_9	300+300	ПЭЛШО 0,07	0,58 Г
L_{10}	600+600	ПЭЛШО 0,07	2,3 Г
L_{11}	220	ПЭЛШО 0,1	47 мГ
L_{12}	195	ПЭЛШО 0,1	37 мГ
$Др_1$, $Др_2$	25	ПЭЛШО 0,25	—

* Индуктивность между крайними выводами.

В приемнике допустима замена некоторых деталей. Так, вместо рекомендованных высокочастотных транзисторов ГТ311Д и КТ312В можно применить любые высокочастотные *n-p-n* транзисторы с граничной частотой не менее 200 МГц. Вместо П28 можно использовать транзистор П27А или даже (с некоторым ухудшением качества работы) МП39Б. Транзисторы МП40 могут быть заменены на любые низко- или среднечастотные с *p-n-p* структурой. В балансных смесителях допустимо применение диодов Д18, Д20, варикап $Д_5$ может быть типа Д901 с любым буквенным индексом.

Приемник смонтирован на печатной плате (рис. 5-21), которая помещена в П-образное шасси, закрываемое сверху кожухом (рис. 5-22), и укреплена на стойках. Все катушки приклеены к плате клеем БФ-2.

Внешний вид приемника показан на рис. 5-23. На переднюю панель выведены органы управления — оси резисторов настройки R_{12} и R_{11} аттенюатора R_1, регулятора усиления R_{32}, а также разъем для подключения антенны $Гн_1$ и телефонные гнезда $Ш_1$.

Налаживание, как обычно, начинают с проверки правильности монтажа и измерения режимов транзисторов. В данной конструкции напряжения на выводах транзисторов по отношению к общему проводу должны состав-

лять: на эмиттерах T_1—T_3 — 6 В, на коллекторе T_4 — 1,5—3 В, на коллекторе T_5—6 В, на коллекторе T_6 —1,5—2 В. В случае значительных отклонений режимов от рекомендованных (более 20—25%) необходимо подобрать резисторы в цепях баз, определяющие начальный ток (R_2 для T_1, R_7 для T_2 и т. д.).

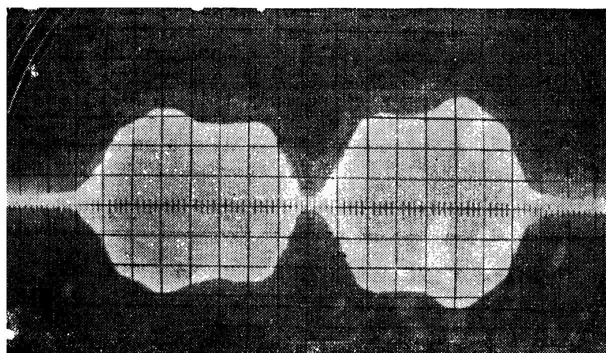


Рис. 5-24. Осциллограмма сигнала на выходе приемника.

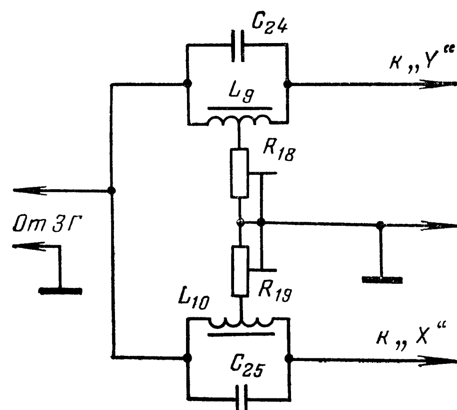


Рис. 5-25. Схема упрощенного фазовращателя.

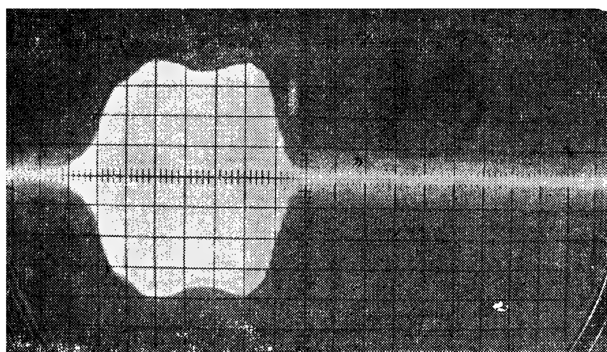


Рис. 5-26. Осциллограмма сигнала при правильной регулировке.

Убедившись, что режимы соответствуют необходимым, включают приемник. В телефонах должен отчетливо прослушиваться шум первого каскада УНЧ. Если он не слышен (это возможно тогда, когда номиналы деталей НЧ фильтра несколько отличаются от рекомендованных), желательно снять частотную характеристику НЧ тракта (усилителя совместно с фильтром) при отключенном фазовращателе. Эту операцию можно выполнить с помощью генератора звуковой частоты и измерителя выхода (вольтметра переменного тока). Полоса пропускания тракта должна составлять 2,6—3 кГц при неравномерности не более 3 дБ. В случае необходимости частотную характеристику корректируют подбором конденсаторов C_{26}, C_{27}, C_{29} и C_{35}.

Затем переходят к настройке гетеродина. Убедившись в наличии генерации (если она отсутствует, можно попробовать изменить соотношение емкостей делителя C_{11} C_{12} или применить транзистор T_2 с бóльшим коэффициентом передачи тока), прослушивают сигнал гетеродина на связном приемнике. Тон сигнала должен быть чистым и стабильным. Диапазон частот гетеродина (28—29,7 МГц) устанавливают подстроечным конденсатором C_9.

Далее на вход приемника подают сигнал с частотой в диапазоне 28—29,7 МГц. Для этого можно использовать любой генератор сигналов (например, сигнал гетеродина связного приемника, кварцевого калибратора и т. д.). В крайнем случае можно попытаться принять мощный сигнал любительской или хотя бы гармонику какой-либо местной радиостанции. После этого, настраивая контуры L_1C_2 и L_2C_3 входного полосового фильтра латунными подстроечными сердечниками и L_6C_{18} буферного каскада гетеродина подбором конденсатора C_{18}, добиваются максимального сигнала на выходе приемника.

Для настройки фазовращателей и балансного детектора желательно применить хотя бы простейший низкочастотный осциллограф. Его вход Y подключают к выходу приемника, а пилообразное отклоняющее напряжение с горизонтальных пластин подают на гнездо $Гн_2$. Частоту развертки устанавливают минимальной. При этом гетеродин приемника становится генератором качающейся частоты. Ее девиацию регулируют резистором R_{12}. На вход приемника подают какой-либо немодулированный сигнал с уровнем не более нескольких десятков микровольт. Движки резисторов R_4 и R_5 устанавливают в среднее положение. На экране осциллографа должна наблюдаться фигура, подобная показанной на рис. 5-24, где ясно видны две боковые полосы приема, скаты частотной характеристики фильтра, неравномерность в полосе пропускания и нулевые биения в центре.

Контур L_9C_{24} настраивают на частоту 1880 Гц, а $L_{10}C_{25}$ — на 480 Гц, подбирая числа витков соответствующих катушек. Если точная настройка на необходимые частоты вызывает затруднения, можно обойтись без нее, выполнив катушки L_9 и L_{10} строго одинаковыми, а конденсатор C_{25} составить из четырех включенных параллельно аналогичных конденсатору C_{24}.

Затем регулируют подстроечные резисторы R_{17}—R_{21}, стремясь к максимальному подавлению нижней боковой полосы. Настройка облегчается, если предварительно собрать упрощенный фазовращатель (рис. 5-25). Подавая на него сигналы с частотами 300—3000 Гц, необходимо получить на экране осциллографа окружность, что будет соответствовать сдвигу фаз, равному 90°. Для этого регулируют резисторы R_{18} и R_{19}.

В заключение настройки балансируют смесители с помощью резисторов R_4 и R_5 при подаче на вход большого (в несколько милливольт) АМ сигнала с расстройкой на 20—100 кГц относительно частоты гетеродина (например, сигналов соседних любительских станций).

Однополосный прием на правильно отрегулированный приемник иллюстрирует рис. 5-26. Автору конструкции, по его словам, удавалось подавить помеху от АМ передатчика второй категории, расположенного на расстоянии 600 м при прямой видимости между антеннами.

Радиолюбители, построившие этот приемник, будут приятно удивлены высоким качеством приема SSB сигналов и полным отсутствием комбинационных помех, зеркальных каналов и ложных настроек.

Трансивер начинающего коротковолновика

Трансивер, который сконструировал И. Чуканов (UA3RR) из Мичуринска, отличается от других конструкций подобного класса применением недефицитных деталей и простотой исполнения. Это позволяет рекомендовать его для повторения широким массам радиолюбителей, а том числе — начинающим. Вместе с тем следует отметить, что трансивер И. Чуканова имеет вполне удовлетворительные характеристики и отвечает требованиям, предъявляемым в настоящее время к любительской коротковолновой аппаратуре.

Трансивер предназначен для работы телеграфом и SSB на всех пяти любительских диапазонах, а его мощность соответствует разрешенной для любительской радиостанции второй категории. Однако в зависимости от категории своей радиостанции радиолюбитель, решивший повторить конструкцию, может исключить не предусмотренные для этой категории диапазоны и уменьшить мощность. Например, владелец радиостанции третьей категории может не использовать диапазоны 14 и 21 МГц, ультракоротковолновик — ограничиться лишь диапазоном 28 МГц и т. п. При этом конструкция трансивера еще более упростится (особенно в случае использования какого-либо одного диапазона, так как отпадает необходимость в соответствующем переключателе). Снизить мощность для радиостанции третьей категории не представляет труда. Для этого надо лишь уменьшить напряжение питания лампы оконечного каскада. При этом также упростится и конструкция выпрямителя.

Параметры трансивера таковы:

Подводимая к оконечному каскаду мощность	40 Вт
Ширина полосы пропускания	3,2 кГц
Подавление несущей и нежелательной боковой полосы	35 дБ
Чувствительность приемника в телеграфном режиме:	
в диапазоне 28 МГц	5 мкВ
в остальных диапазонах	1,5—2 мкВ
Уровень побочных излучений	—30 дБ

Структурная схема трансивера приведена на рис. 5-27, а на рис. 5-28 показана принципиальная схема. *В режиме прием*а сигнал, выделенный общим для приемника и передатчика П-фильтром $L_{17}L_{18}C_{89}C_{53}C_{55}C_{91}C_{92}C_{93}$ через емкость анод — защитная сетка лампы $Л_8$ оконечного каскада и фильтр-пробку $L_{19}C_{94}$, преграждающую путь сигналам с частотой, равной промежуточной, подается на управляющую сетку пентодной части лампы $Л_7$ УВЧ приемника. Усиленный по ВЧ сигнал попадает на сетку триодной части лампы $Л_5$ смесителя. На катод этой лампы поступает напряжение гетеродина плавного диапазона (ГПД), собранного на триодной части лампы $Л_7$. Частота ГПД по диапазонам различна. На высокочастотных диапазонах (14—28 МГц) она ниже частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты, равную 5,555 МГц, а на низкочастотных диапазонах (3,5 и 7 МГц) — настолько же выше (табл. 5-5).

Таблица 5-5

Диапазон, МГц	Частота ГПД, МГц
28—29,2	22,445—23,645
21—21,45	15,445—15,895
14—14,35	8,445—8,795
7—7,1	12,555—12,655
3,5—3,65	9,055—9,205

В анодную цепь смесителя включен кварцевый фильтр ПЧ. Отфильтрованный сигнал ПЧ усиливается каскадами, собранными на лампах $Л_2$ и $Л_3$ (пентодная часть) и подается на смесительный детектор (триод лампы $Л_3$). На катод лампы детектора поступает напряжение от опорного кварцевого гетеродина, собранного на лампе $Л_1$. Выделенный на нагрузке смесительного детектора сигнал разностной частоты (звуковой сигнал) усиливается двухкаскадным УНЧ на лампе $Л_4$.

В трансивере предусмотрена возможность приема также и АМ сигналов. Для этого контактами реле P_1 отключается питание от опорного кварцевого гетеродина, а катод триода лампы $Л_3$ соединяется с общим проводом; при этом триод работает как амплитудный детектор. Усиление приемника регулируется изменением напряжений на экранирующих сетках ламп $Л_7$ и $Л_3$ резистором R_{40}.

В режиме передачи вид работы (CW, SSB) устанавливается переключателем B_4. При работе SSB на-

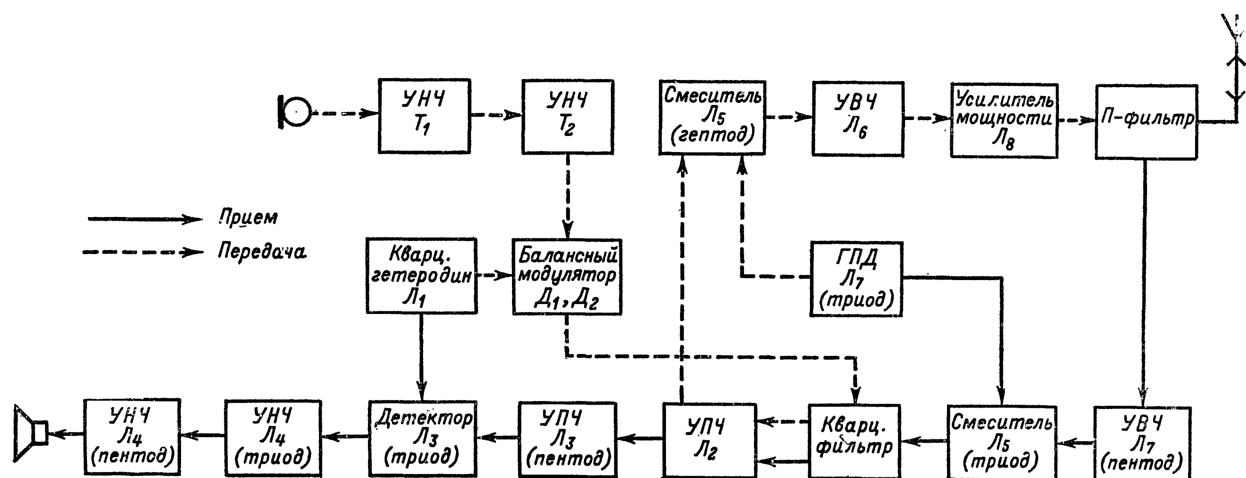


Рис. 5-27. Структурная схема трансивера.

жатием кнопки $Кн_1$ на реле P_1—P_7 и УНЧ передатчика (транзисторы T_1 и T_2) подается напряжение—20 В. При этом реле срабатывают и переключают каскады трансивера на работу в режим передачи.

Звуковой сигнал от микрофона подается на вход УНЧ передатчика с гнезда $Гн_1$. Усиленный сигнал поступает на балансный модулятор, собранный на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Одновременно на него подается напряжение опорного кварцевого генератора. Оба напряжения поступают на движок резистора R_4, служащего для балансировки модулятора. Дроссель $Др_2$ необходим для того, чтобы преградить путь сигналу опорного гетеродина, который при отсутствии дросселя был бы замкнут накоротко конденсатором C_{33} на выходе УНЧ.

На выходе балансного смесителя — контуре L_2C_5 — выделяется модулированный сигнал, содержащий обе боковые полосы и частично подавленную несущую (DSB). Этот сигнал подается на кварцевый фильтр, собранный на резонаторах $Пэ_2$—$Пэ_4$. Фильтр выделяет из DSB сигнала SSB сигнал с верхней боковой полосой и подавляет остаток несущей. В дальнейшем SSB сигнал усиливается каскадом УПЧ передатчика на лампе $Л_2$ и поступает на гептодную сетку лампы $Л_5$, используемой в качестве смесителя. На катод гептода поступает напряжение от ГПД.

На выходе смесителя (в анодной цепи гептода лампы $Л_5$) выделяется сигнал суммарной (на 28, 21 и 14 МГц диапазонах) или разностной (на 3,5 и 7 МГц диапазонах) частоты. Для его выделения используется один из контуров, подключаемых к аноду лампы $B_{1д}$ и $B_{1е}$. Далее SSB сигнал подвергается усилению в двухкаскадном усилителе на лампах $Л_6$ и $Л_8$.

При работе в телеграфном режиме напряжение —20 В на УНЧ передатчика не подается. Балансный модулятор разбалансируется путем подачи на движок резистора R_4 небольшого постоянного напряжения (около 1,2 В). При этом на выходе кварцевого фильтра появляется сигнал опорного кварцевого гетеродина. Сигнал в дальнейшем подвергается тем же преобразованиям, что и сигнал SSB. Телеграфный ключ подключают к гнезду $Гн_4$. Он манипулирует цепь управляющей сетки лампы $Л_6$ УВЧ передатчика. Конденсатор C_{43} и резистор R_{30} служат для формирования фронтов телеграфного сигнала.

На принципиальной схеме реле трансивера показаны в обесточенном состоянии, соответствующем режиму приема. Срабатывая, реле переключают следующие цепи для работы в режиме передачи: контакты P_2^1 замыкают на общий провод анод триода $Л_5$ — смесителя приемника; контакты P_3^1 отключают переменный конденсатор C_{85}, используемый в режиме приема для изменения частоты ГПД в небольших пределах; контакты P_4^1 подают напряжение питания на лампы $Л_5$ (гептодная часть) и $Л_6$; контакты P_5^1 замыкают на общий провод защитную сетку лампы $Л_8$ оконечного каскада передатчика, при этом одновременно замыкается накоротко вход УВЧ приемника во избежание перегрузки его сигналом собственного передатчика; контакты P_6^1 подключают напряжение сети к первичной обмотке трансформатора $Тр_3$ (см. схему блока питания трансивера на рис. 5-29), обеспечивающего получение напряжения питания анодной цепи лампы $Л_8$ оконечного каскада передатчика; контакты P_7^1 подают на управляющую сетку лампы $Л_8$ напряжение смещения, необходимое для нормальной работы в усилительном режиме (во время приема эта лампа закрыта напряжением —100 В, поступающим через 7нормально замкнутые контакты P_7^1).

В том случае, если предполагается использовать трансивер в режиме приема длительное время, напряжение накала лампы $Л_8$ может быть отключено выключателем B_6. Кроме экономии электроэнергии это улучшает тепловой режим работы трансивера.

Конструкция и детали. Трансивер собран на шасси из алюминия толщиной 2 мм. Размеры шасси 320×210×70 мм. Оно прикреплено к вертикальной лицевой панели размерами 325×180 мм. Лицевая панель изготовлена из алюминия толщиной 3 мм. Эти размеры были подобраны для того, чтобы поместить трансивер в имевшийся у автора конструкции кожух от радиостанции РБМ. Блок питания можно собрать на отдельном шасси любых размеров. Его конструкция не имеет принципиальных особенностей.

На лицевую панель трансивера выведены органы управления: оси переключателей диапазонов B_1 и B_2; конденсаторов настройки C_{67} — C_{68} и C_{85}, используемых для настройки на частоту корреспондента, конденсаторов C_{96} и C_{89} — органов настройки соответственно предоконечного и оконечного каскадов передатчика, переменных резисторов R_{40} (регулятор громкости) и R_4 (регулятор баланса балансного модулятора). На лицевой панели также установлены антенное гнездо $Гн_3$, микрофонное гнездо $Гн_1$, переключатель рода работы B_4 и выключатель громкоговорителя B_5. К этой же панели прикреплены миллиамперметр $ИП_1$ и динамическая головка $Гр_1$. В верхней части панели прорезано окно, в котором размещена градуированная шкала настройки. Остальные гнезда, разъем питания $Ш_1$ и выключатель B_6 установлены на задней стенке горизонтального шасси.

Снизу шасси разделено на отсеки экранирующими перегородками, которые используются также для крепления отдельных деталей, например платы с транзисторами УНЧ передатчика, дросселя $Др_5$, секций переключателя диапазона B_1. Каскад на лампе $Л_1$ помещен в отдельный экранированный отсек. Это необходимо для уменьшения «просачивания» сигнала опорного гетеродина, которое ухудшает качество SSB сигнала. Для этой же цели соединение с контактами реле P_1 может быть выполнено экранированными проводами, а анодная цепь лампы $Л_1$ развязана с помощью дросселя и проходного конденсатора.

В трансивере применены в основном распространенные детали. Трансформатор $Тр_1$ — согласующий от модулятора радиостанции РСИУ-3м. Можно также применить выходной трансформатор звука от телевизоров, в выходном каскаде УНЧ которых установлена лампа 6Ф4П, например «Воронеж», «Неман» и т. п. При самостоятельном изготовлении данные трансформатора могут быть такими: магнитопровод УШ16×24, первичная обмотка — 2940 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичные — 90 витков провода ПЭЛ 0,64 и 600 витков провода ПЭЛ 0,2 (обмотка с бóльшим числом витков предназначена для подключения высокоомных телефонов). Реле применены следующих типов: P_1 — РЭС-9 (паспорт РС4.524.201), P_2, P_3, P_5 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302), P_4, P_6, P_7 — РСМ-2 (паспорт Ю.171.81.21). Можно использовать и реле других типов с напряжением срабатывания около 20 В, обладающие необходимым количеством контактов.

Особое внимание при изготовлении трансивера следует уделить подбору деталей ГПД, так как от их качества будет зависеть стабильность его частоты. Блок конденсаторов переменной емкости должен иметь жесткую конструкцию и массивные пластины, чтобы его емкость не изменялась при возможных вибрациях. Статор блока должен быть укреплен на изоляторах из фарфора. Всем этим требованиям отвечает, например, блок конденсаторов от радиостанции А7А. Для того чтобы получить требуемую емкость конденсаторов блока, в его статоре и роторе следует оставить по две пластины, а остальные удалить. Можно использовать и другие блоки конденсаторов, например —от транзисторного приемника «ВЭФ-Спидола». Однако для обеспечения необходимой растяжки диа-

Рис. 5-28. Принципиальная схема трансивера.

A
+250В
C15 6800
R14 10к
R15 200к
C18 1500
R24 2к
C101 6800
В5
К R40
C14 82
L4
R16 10к
C17 360
C19 6800
R20 100к
C23 0,01
Гр1
Тр1
Гн2
C13 6800
R11 3,9к
Л3 6Ф1П
C22 33
Л4 6Ф4П
C24 6800
C12 24
R12 150к
R13 180
C16 6800
Др1
C*21 200
R17 270к
C20 330
R18 470к
R19 1к
C26 6800
R21 330
C25 50,0 х30В
R22 470к
P_4^1 Б(передача)
А(прием)
К Р1 – Р7 В3 и В4
Кн1
–20В
+170В
C50 6800
Р4
L13
C47 130
К Кн1
В1з
C51 360
R32 20
L14
C48 68
C52 27
Л6 6Ж9П
L15
C49 10
В1ж
6,3В
C41 82
R34 1,8к
R29 270к
C46 1000
R30 620к
R33 27к
Б
R31 180
–100В
Гн4
C43 0,1
C44 6800
C45 6800
C96 8–30
C100 0,01
C90 0,01
+600В
К Кн1
Р3
Др3
ИП1
mA
Др4
R52 100
C86 100
C97 0,01
Гн3
C88 1000
L18
Л8 ГУ-50
+250В
C87 0,047
R*51 47
P_5^1
L17
В2а
C89 10–200
В2б
Др5
28 МГц
3,5МГц
C93 1000
C*53 47
C*98 240
C99 0,5
К P_7^1
Р5
L19
C94 82
В6
~12,6В
К Кн1
C*55 82
C*91 180
C*92 200

пазонов последовательно с каждой из секций этого блока необходимо включить по конденсатору емкостью 30—47 пФ. ТКЕ всех конденсаторов, входящих в контур ГПД, следует выбрать возможно малым. Лучше всего использовать керамические конденсаторы (например, КТК голубого или серого цвета).

Катушка ГПД L_{16} должна иметь минимальный температурный коэффициент индуктивности и возможно более жесткую конструкцию. Наиболее подходит

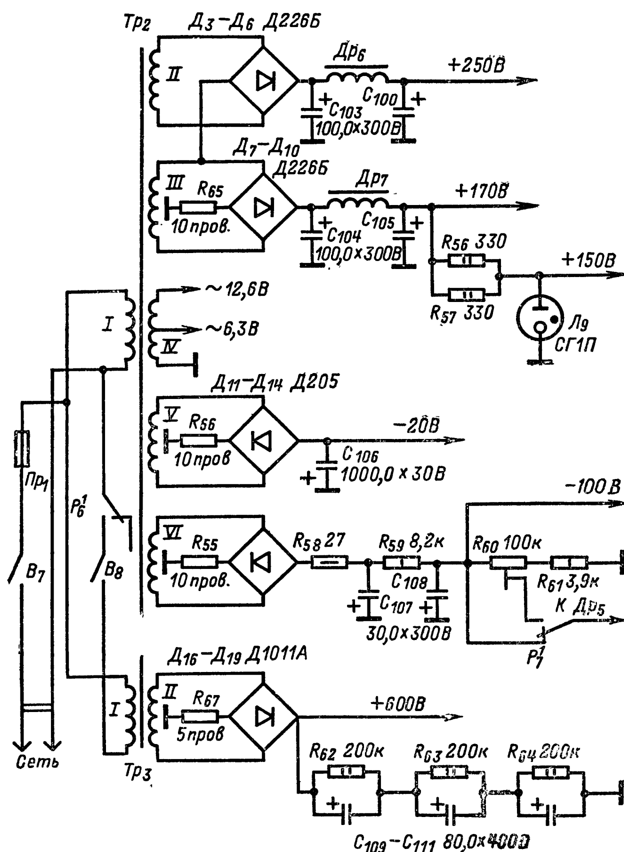


Рис. 5-29. Принципиальная схема выпрямителя.

катушка, выполненная на фарфоровом каркасе методом вжигания серебра. Неплохие результаты дает и катушка, намотанная так называемым «горячим способом». При ее изготовлении в процессе намотки через отрезок наматываемого провода пропускают ток (например, от накальной обмотки сетевого трансформатора). По окончании намотки витки катушки закрепляют на каркасе и лишь после этого отключают ток. После остывания витки катушки окажутся жестко зафиксированными. Для самостоятельного изготовления можно рекомендовать следующие данные катушки: каркас диаметром 18 мм; провод посеребренный, диаметром 1,2 мм; число витков 11,5 с отводом от 3,5 витков, считая от нижнего (по схеме) вывода; длина намотки 30 мм.

Для удобства работы с трансивером и обеспечения плавности настройки на частоту корреспондента ось блока конденсаторов переменной емкости следует вращать с помощью верньера. Он может быть любым. Удобнее всего использовать готовый верньер, например от радиостанции РБМ, как это сделал автор конструкции.

Катушка L_{17} оконечного каскада — бескаркасная. Она содержит 10 витков посеребренного провода диаметром 3 мм, отводы сделаны от 4-го и 6-го витков, считая от левого (по схеме) вывода. Внешний диаметр катушки 36 мм, длина намотки 42 мм. Катушка L_{18} намотана на каркасе из фарфора или пластмассы диаметром 40 мм, виток к витку. Число витков 24 с отводом от 11-го, считая от левого (по схеме) вывода. Для этой катушки использован провод ПЭВ-2 1,25. В качестве катушек L_1 и L_2 балансного модулятора можно использовать фазосдвигающий трансформатор детектора отношений телевизора «Старт-3». Дополнительную обмотку трансформатора удаляют. Можно взять аналогичный трансформатор от телевизора другого типа, если его промежуточная частота звука равна 6,5 МГц.

Данные остальных катушек приведены в табл. 5-6. Катушки L_5—L_{11}, L_{13}, L_{14} намотаны виток к витку на каркасах диаметром 8 мм (от блока УПЧЗ телевизора УНТ-35), L_3 и L_4 — на каркасах диаметром 9 мм. Катушки L_{12}, L_{15}—бескаркасные с внешним диаметром 14 мм и длиной намотки 35 мм. Все катушки, кроме L_{16}, L_{17} и L_{18}, настраиваются сердечниками СЦР-1 из карбонильного железа.

Дроссели $Др_1$, $Др_2$, $Др_5$ намотаны способом «универсаль» или внавал на каркасах диаметром 6 мм проводом ПЭЛШО 0,1 и содержат около 250 витков каждый. Дроссель $Др_3$ — от радиостанции РСБ-5. Он может быть намотан на каркасе (желательно керамическом) диаметром 20 мм, число витков 160, провод ПЭЛШО 0,27. Половина намотки со стороны правого (по схеме) вывода намотана виток к витку, вторая половина — прогрессивной намоткой, причем наиболее разреженная часть обмотки должна быть со стороны вывода, подключенного к конденсатору C_{88}. Перед установкой дросселя $Др_3$ желательно с помощью ГИР проверить отсутствие резонансов вблизи частот любительских диапазонов. Если такие резонансы будут обнаружены, следует изменить число витков дросселя в ту или другую сторону. Дроссель $Др_4$ намотан на корпусе резистора R_{52} (использован резистор МЛТ-2) и содержит несколько витков провода ПЭВ-1 1,0. Этот дроссель предотвращает самовозбуждение каскада.

Переключатель диапазонов B_1 — галетный, на пять положений. Галеты переключателя — керамические.

Кварцевые резонаторы, примененные в трансивере, могут быть любого типа. Очень удобно использовать негерметизированные кварцы (например, от радиостанции РСИУ-3), частоту которых можно легко повышать. Частоты кварцев $Пэ_1$—$Пэ_4$ (соответственно

Таблица 5-6

Обозначение по схеме	Провод	Число витков
L_3	ПЭЛШО 0,41	43
L_4	ПЭЛШО 0,41	43
L_5	ПЭЛ 0,27	53
L_6	ПЭЛ 0,31	25
L_7	ПЭЛ 0,41	16
L_8	ПЭЛ 1,0	9
L_9	ПЭЛ 0,27	53
L_{10}	ПЭЛ 0,31	25
L_{11}	ПЭЛ 0,41	16
L_{12}	Посеребренный, 1,2	12,5
L_{13}	ПЭЛ 0,31	25
L_{14}	ПЭЛ 0,41	16
L_{15}	Посеребренный, 1,2	12,5
L_{19}	ПЭЛШО 0,41	43

Таблица 5-7

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Напряжение, В (без нагрузки)
$Тр_2$ I	562	ПЭВ-2 0,51	220
II	152	ПЭВ-2 0,41	60
III	330	ПЭВ-2 0,41	130
IV	17+17	ПЭВ-2 1,2	6,7+6,7
V	49	ПЭВ-2 0,76	19
VI	200	ПЭВ-2 0,12	80
$Тр_3$ I	530	ПЭВ-2 0,51	220
II	1200	ПЭВ-2 0,33	500

f_1—f_4) должны быть равны: $f_2=f_1$; $f_3=f_1+300$ Гц; $f_4=f_1+2$ кГц. Частоту кварца $Пэ_5$ в случае необходимости его применения подбирают в процессе настройки (об этом будет сказано позднее).

Данные остальных деталей некритичны. В конструкцию трансивера можно внести некоторые изменения, например: применить настройку катушек подстроечными конденсаторами вместо сердечников, заменить конденсатором переменной емкости с максимальной емкостью 400—500 пФ постоянные конденсаторы, используемые для согласования с антенной (C_{53}, C_{55}, C_{91} и C_{98}), изменить частоту кварцевых резонаторов, соответственно подобрав новые данные контуров промежуточных каскадов (при этом необходимо проверить, не появятся ли в рабочей полосе паразитные комбинационные частоты).

Детали, примененные в блоке питания, не имеют особенностей. Трансформаторы $Тр_2$ и $Тр_3$ — самодельные. Их данные приведены в табл. 5-7. Оба трансформатора выполнены на магнитопроводах УШ30×45. Дроссель $Др_6$ — от телевизора любого типа, например «Енисей». Его можно намотать и самостоятельно на магнитопроводе УШ16×24. Число витков — не менее 2000, провод — ПЭЛ 0,25. Дроссель $Др_7$ — от телевизора или вещательного радиоприемника любого типа. При самостоятельном изготовлении он может быть намотан на таком же магнитопроводе, как и $Др_6$, число витков — 3000, провод — ПЭЛ 0,2. Электролитические конденсаторы — любых типов.

Налаживание трансивера начинают с проверки правильности монтажа. Пренебрегать этой процедурой (как иногда делают начинающие радиолюбители) ни в коем случае не следует, так как монтажные ошибки бывают даже у опытных конструкторов. Ошибка же в монтаже может повлечь за собой выход из строя той или иной детали, возможно редкой и дорогостоящей.

Для налаживания потребуются следующие приборы: авометр, ГИР, электронный (ламповый или транзисторный) вольтметр и градуированный связной приемник на любительские диапазоны. Если радиолюбитель располагает сигнал-генератором, кварцевым калибратором, звуковым генератором и осциллографом, они окажут существенную помощь при настройке трансивера.

Предварительно (не включая питания) настраивают с помощью ГИР колебательные контуры трансивера на соответствующие частоты. Отключив питание анода и экранирующей сетки лампы $Л_8$, включают трансивер и проверяют напряжения на электродах ламп. Режимы ламп некритичны, поэтому достаточно убедиться в наличии на анодах и экранирующих сетках положительного напряжения 100—200 В.

Переключив трансивер на прием и вынув из панелей все кварцы, настраивают контуры ГПД на необходимые частоты по табл. 5-5. Для этого используют связной приемник и (если он имеется) кварцевый калибратор. Устанавливают переключателем $В_1$ диапазон 7 или 14 МГц (как наиболее «оживленные»). Вставляют в панели кварц $Пэ_1$ и один (любой) кварц фильтра. Приемник должен принимать сигналы мощных станций, работающих телеграфом, а также сигналы ГИР или ГСС. Проверяют работоспособность приемника и уточняют правильность его настройки на всех любительских диапазонах. При несоответствии границ диапазонов приемника желаемым перестраивают соответствующий подстроечный конденсатор ГПД (C_{74}—C_{77}, C_{79}), а при существенном отличии частот подбирают конденсаторы C_{70}, C_{72}, C_{78}, C_{80}, C_{81}. Если принять приемником ни одного сигнала не удалось, проверяют работу его каскадов, начиная с УНЧ.

Контуры каскадов УПЧ L_4C_{14}, L_3C_8, а также контуры кварцевого фильтра L_1C_4 и L_2C_5 настраивают на частоту 5,555 МГц следующим образом. Сигнал от ГСС подают поочередно на управляющие сетки ламп $Л_2$, $Л_3$ и на движок резистора R_4 через конденсатор емкостью около 20 пФ. Уровень сигнала подбирают таким, чтобы лампы не перегружались. В качестве индикатора настройки используют вольтметр либо прослушивают сигнал на выходе приемника (в телефонах).

Добившись приема сигналов, регулируют контуры приемника. Для этого настраивают приемник на середину одного из любительских диапазонов и подают на вход ($Гн_3$) сигнал от ГСС. В гнездо $Гн_2$ включают вольтметр переменного напряжения, устанавливают регулятор громкости на максимум усиления и, вращая ротор конденсатора C_{89}, настраивают по максимуму отклонения стрелки вольтметра П-фильтр. Затем подстраивают контур в анодной цепи УВЧ (пентод лампы $Л_7$). По мере увеличения сигнала уменьшают громкость и ослабляют связь с ГСС.

Контуры УВЧ настраивают на всех рабочих диапазонах. Затем переходят к настройке кварцевого фильтра (предложенный метод настройки не единственный, но для начинающих коротковолновиков он наиболее прост). Прежде всего, используя кварцевый гетеродин и связной приемник, на слух оценивают частоты имеющихся резонаторов. Самый низкочастотный используют в качестве $Пэ_1$. Затем включают в фильтр один из кварцев, частота которого оказалась выше, чем у $Пэ_1$. Настраивают трансивер на сигнал ГСС (ГИР, кварцевого калибратора). На выход (к гнезду $Гн_2$) подключают вольтметр переменного напряжения. Перестраивая трансивер в пределах слышимости сигнала, чертят график показаний вольтметра. Характер кривой должен соответствовать виду будущей частотной характеристики фильтра (т. е. с одной стороны несущей напряжение должно быть больше, с другой — меньше).

При необходимости повышают частоту кварца, например, шлифуя мелкой (микронной) наждачной шкуркой его посеребренный слой. Через каждые три-четыре движения снимают частотную характеристику и одновременно оценивают качество принимаемого SSB сигнала. Оптимальной настройкой кварца будет такая, при которой разница между максимумом и минимумом частотной характеристики окажется наибольшей, а качество принимаемого сигнала — наилучшим. Если оказалось, что частота кварца повышена более, чем необходимо, ее понижают, нанеся на пластину несколько штрихов мягким простым карандашом.

Аналогичным образом подгоняют частоты двух других резонаторов фильтра. Полученная частотная характеристика должна иметь более или менее плоскую вершину (без глубоких провалов или всплесков в полосе пропускания). Если окажется, что вне полосы пропускания имеются побочные всплески («хвосты»), их подавляют, включив кварц $Пэ_5$. Его частоту устанавливают по максимальному подавлению наибольшего по амплитуде всплеска. В случае слишком большой неравномерности характеристики в полосе

пропускания подбирают сопротивление резистора R_8. Отношение максимального и минимального напряжений для готового фильтра должно быть не менее 50. В этом случае он обеспечит подавление нежелательной боковой полосы на 35—40 дБ.

Далее переходят к настройке детектора. Она сводится к подбору конденсатора C_{21} по минимуму искажений принимаемого SSB сигнала. Если на выходе приемника будет прослушиваться фон переменного тока, в анодную цепь триода лампы $Л_3$ включают развязывающую цепочку из резистора сопротивлением 3—5 кОм и конденсатора емкостью 1—5 мкФ.

После этого настраивают фильтр-пробку $L_{19}C_{94}$ по минимуму поданного на гнездо $Гн_3$ сигнала генератора, настроенного на ПЧ.

В заключение проверяют частотную стабильность ГПД, нагревая его отсек поднесенным паяльником. Если частота ГПД при этом будет меняться более чем на 1—2 кГц, подбирают ТКЕ конденсаторов на каждом диапазоне. После этого вновь проверяют диапазон изменения частот ГПД и в случае необходимости подстраивают его.

Налаживание трансивера в режиме передачи начинают с проверки работы УНЧ на транзисторах T_1, T_2. При наличии звукового генератора снимают амплитудно-частотную характеристику УНЧ, которая должна иметь завалы на частотах ниже 300 Гц и выше 3 кГц и максимум на частоте 2—2,5 кГц. Для получения наилучшей симметрии балансного модулятора желательно подобрать пару диодов $Д_1$ и $Д_2$, имеющую примерно равные прямые и обратные сопротивления. Отсоединив конденсатор C_{95}, подключают к аноду лампы $Л_2$ вольтметр, нажимают кнопку $Кн_1$ и регулируют резистор R_4, добиваясь минимума показаний. Если минимальное напряжение не превышает 0,4 В, модулятор работает удовлетворительно. Конденсатор C_{95} подключают к тому выводу резистора R_4, подсоединение к которому вызывает уменьшение показаний, и окончательно балансируют модулятор поочередной регулировкой резистора R_4 и конденсатора C_{95}.

Далее присоединяют к управляющей сетке лампы $Л_6$ электронный вольтметр, устанавливают ГПД на середину диапазона 14 МГц и по максимуму показаний вольтметра настраивают контур $L_{11}C_{39}$. Напряжение на сетке лампы $Л_6$ при резонансе должно быть не менее 2,1 В в середине диапазона и 1,7 В — на краях. Подключают вольтметр к управляющей сетке лампы $Л_8$, конденсатор C_{96} устанавливают в среднее положение и настраивают в резонанс контур $L_{14}C_{48}$, добиваясь получения ВЧ напряжения (показаний вольтметра) не менее 52 В.

Затем подают на лампу $Л_8$ напряжения питания и, предварительно установив резистором R_{60} блока питания напряжение смещения 50—65 В, подбирают конденсаторы связи с антенной по максимуму напряжения на эквиваленте антенны — резисторе сопротивлением 75 Ом и мощностью не менее 20 Вт или лампе накаливания. При этом удобнее всего использовать телеграфный режим работы трансивера. После настройки оконечного каскада проверяют стабильность напряжения ГПД при изменении анодного тока лампы $Л_8$ в режиме передачи.

Примерные значения ВЧ напряжений на отдельных каскадах передатчика таковы: на катоде лампы $Л_5$ — 2,5 В; на катоде лампы $Л_1$ — 6 В; на управляющей сетке лампы $Л_8$ в диапазоне 28 МГц — 34 В, 21 МГц — 42 В, 14 МГц — 52 В, 7 МГц — 65 В, 3,5 МГц — 68 В.

В зависимости от конкретных условий и возможностей при повторении трансивера в его конструкцию могут быть внесены изменения, например, в смесителе вместо лампы 6И1П ($Л_5$) можно установить 6Ф1П, которая лучше работает на 28 МГц. Схему детектора можно изменить, применив лампу 6И1П ($Л_3$). Это избавит от фона переменного тока, иногда возникающего в триодных детекторах. Возможны и другие модификации конструкции, которые радиолюбитель внесет при накоплении определенного опыта (например, добавление третьего каскада УПЧ, устройства голосового управления и т. п.).

КВ антенна с переключаемой диаграммой направленности

В условиях большой загруженности радиолюбительского эфира огромное значение приобретает качество используемой антенны. Лишь направленная высокоэффективная антенна позволяет отстроиться от многих помех при приеме и направить большую часть излучаемой энергии в сторону корреспондента при передаче.

Для того чтобы иметь возможность работать с любым корреспондентом, такая антенна должна обеспечивать возможность поворота на 360° ее диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Обычно радиолюбители прибегают к механическому вращению всей антенны, однако вращающаяся антенна требует применения электродвигателя с редуктором, системы индикации угла поворота и коаксиальных вращающихся переходов. К тому же такая антенна будет иметь меньшую прочность по сравнению с невращающейся.

Поэтому хабаровские радиолюбители А. Новиков (UA0CAS) и А. Бабин (UA0CAQ) пошли по другому пути. Они предложили конструкцию неподвижной антенны, поворот диаграммы направленности которой достигается переключением элементов. Эта антенна позволяет вести работу в четырех взаимно перпендикулярных направлениях, т. е. поворачивать диаграмму на 90°. Если учесть, что ширина основного лепестка диаграммы составляет 60° по уровню половинной мощности, можно считать такую конструкцию вполне приемлемой для проведения любительских радиосвязей с любым корреспондентом. Помимо простоты конструкции и большей прочности антенна с переключаемыми элементами более удобна в работе, так как позволяет практически мгновенно выбрать оптимальное отношение сигнал/шум.

В основу конструкции (рис. 5-30) положена хорошо известная радиолюбителям-коротковолновикам направленная антенна G4ZU. Вариант, предложенный ее автором Д. Бирдом, однако, не получил широкого распространения, видимо, потому, что создать жесткую вращающуюся конструкцию такой антенны довольно трудно. При фиксированном же положении антенны ее можно жестко закрепить несколькими ярусами оттяжек.

Элементы антенны, предложенной А. Новиковым и А. Бабиным, переключаются коммутирующим устройством из четырех высокочастотных реле (например, антенных реле на фарфоровом основании от радиостанции РСБ-5). Схема устройства коммутации показана на рис. 5-31. Переключение происходит в точках питания элементов. Реле управляются дистанционно с пульта управления (рис. 5-32).

По конструкции описываемая антенна похожа на двойной квадрат, однако ее рамки согнуты под углом 90°. Диаграмма направленности при этом практически не изменяется, коэффициент усиления незначительно возрастает. Питается антенна фидером из 75-омного коаксиального кабеля, который включается в разрыв нижней горизонтальной части элемента — при этом поляризация излучения будет горизонтальной.

Второй элемент, к которому подключен удлиняющий короткозамкнутый шлейф, играет роль пассивного рефлектора.

Горизонтальные проводники элементов антенны могут быть выполнены из металлических (например, дюралюминиевых) трубок диаметром 20—25 мм, вертикальные — из провода (лучше всего из того же металла, что и трубки — для устранения коррозии в местах контакта). В верхней точке антенны все горизонтальные проводники должны иметь надежный электрический контакт, который в случае применения металлической мачты можно не изолировать от нее. Нижние горизонтальные проводники укреплены на изолирующей пластине. К качеству изолятора особых требований не предъявляется, так как здесь расположена пучность тока антенны. Коммутирующие реле помещают в герметичную коробку.

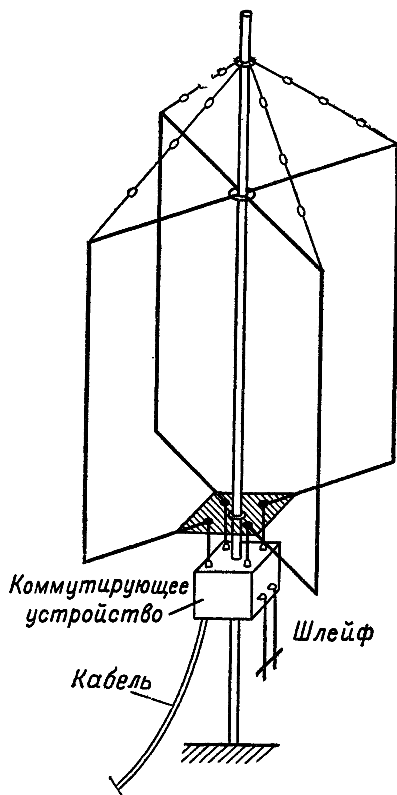


Рис. 5-30. Конструкция антенны.

Размеры элементов антенны зависят от диапазона, в котором предполагается ее использовать. К тому же их можно изменять в зависимости от конкретных условий размещения антенны и наличия тех или иных материалов (трубок, провода). При этом периметр каждого элемента должен составлять длину волны λ (с учетом влияния друг на друга элементов и окружающих антенну предметов). Удобно принять отношение длины горизонтального проводника к длине вертикального равным 0,5. Тогда длина каждой горизонтальной трубки будет равна λ/8, вертикального провода λ/4. Периметр элемента для диапазона 28 МГц — 10,7 м, для диапазона 21 МГц — 14,2 м, для диапазона 14 МГц — 21,4 м. Длина удлиняющего шлейфа для тех же диапазонов будет равна соответственно 70 см, 1 м и 1,5 м.

Настройка антенны не отличается от настройки обычного двойного «квадрата». Ее начинают с проверки КСВ во всех четырех положениях переключателя B_1. В случае необходимости регулируют периметр элементов, например укорачивая или удлиняя нижние горизонтальные проводники. Дальнейшую настройку можно вести как в режиме приема (по сигналу какого-либо генератора или радиостанции), так и в режиме передачи (применяя индикатор напряженности поля или связной приемник с измерителем выхода). Наибольшее распространение среди радиолюбителей получила настройка по максимуму подавления излучения назад, однако можно настраивать антенну и по максимальному усилению (излучению вперед). Как правило, эти настройки не совпадают.

Элементом, которым ведут настройку, является удлиняющий шлейф, включаемый в пассивный рефлектор. Перемещая его короткозамыкающую перемычку, добиваются минимального излучения антенны назад (или максимального вперед). Эту операцию проделывают один раз в наиболее удобном направлении излучения. В случае симметрии всех элементов антенны при переключении диаграммы направленности настройка не изменяется. При ориентации антенны следует учесть, что в случае питания коаксиальным кабелем без симметрирующего устройства ось реальной диаграммы направленности в горизонтальной плоскости немного не совпадает с ожидаемым направлением излучения (диаграмма несколько «косит»).

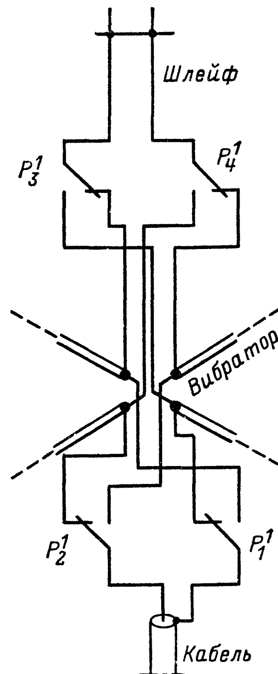


Рис. 5-31. Схема устройства коммутации.

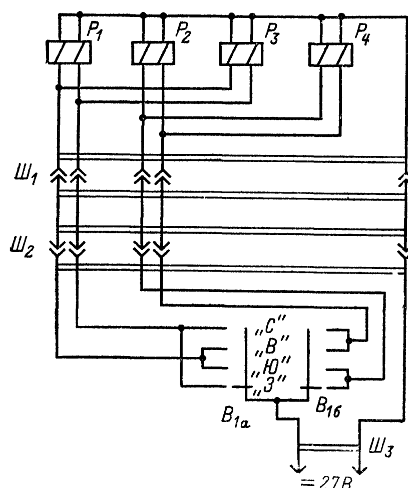


Рис. 5-32. Пульт управления.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Транзисторный милливольтметр

Диапазон измеряемых напряжений и сопротивлений, наиболее часто встречающихся в практике радиолюбителя, лежит в пределах от 5—10 мкВ до 200—400 В и от 10 до 100 Ом соответственно. Входное сопротивление прибора для измерений этих величин должно быть порядка нескольких мегаом, с тем, чтобы не оказывать при измерениях заметного влияния на режимы каскадов, в которых проводятся измерения. Исходя из этих требований В. Благовещенским был сконструирован относительно несложный прибор, собранный целиком на транзисторах с питанием от встроенной батареи напряжением 4,5 В.

С помощью этого прибора можно измерять переменные напряжения частотой до 300 кГц (пределы измерений: 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 мВ, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 В), постоянные напряжения (пределы измерений: 10, 20, 40, 100, 200 и 400 мВ, 1, 2, 4, 10, 20, 40, 100, 200, 400 В) и сопротивления (пределы измерений: 100, 200, 400 Ом, 1, 2, 4, 10, 20, 40, 100 кОм).

Входное сопротивление на первых трех поддиапазонах измерения постоянного и переменного напряжения не менее 2 МОм, на остальных поддиапазонах — около 3,6 МОм. Потребляемый ток при измерении сопротивлений не превышает 100 мкА. На рис. 6-1 изображена принципиальная схема милливольтметра. Измеряемое напряжение подают на входные гнезда $Гн_1$ и $Гн_2$. При измерении переменного напряжения оно через замкнутые контакты реле P_1^1 поступает на ступенчатый частотно-компенсированный делитель $R_2 — R_6$, $C_3 — C_7$. Элементы делителя подобраны так, что он позволяет уменьшить измеряемое напряжение в 10, 100, 1000 и 10 000 раз в зависимости от положения переключателя B_1. После делителя измеряемое напряжение подается на базу транзистора T_5, работающего истоковым повторителем для повышения входного сопротивления прибора. С нагрузки T_5 резистора R_{15} измеряемое напряжение поступает на базу предварительного усилителя, выполненного на транзисторе T_6. Нагрузкой этого каскада является делитель $R_{17} — R_{19}$, позволяющий дополнительно уменьшить измеряемое напряжение в 2 или 4 раза в зависимости от положения переключателя B_2. Такая схема предварительного усилителя и наличие входного делителя позволили при относительно несложной коммутации получить 15 пределов измерений. С движка переключателя B_2 измеряемое напряжение подается через конденсатор C_{14} на корректирующую ячейку $R_{23}C_{16}$ $R_{24}C_{17}$, предназначенную для расширения частотной характеристики усилителя в области высших частот. Далее измеряемое напряжение подается на базу транзистора T_8 оконечного усилителя. Этот усилитель собран на трех транзисторах ($T_8T_{11}T_{12}$) с непосредственной связью между ними. Для улучшения параметров усилитель охвачен двумя ветвями отрицательной обратной связи. Напряжение одной ветви снимается с выхода усилителя (резистор R_{36}) и через резистор R_{25} подается на вход предварительного усилителя (базу T_8). На базу этого же транзистора через резистор R_{26} и конденсатор C_{21} поступает напряжение второй ветви, снимаемое с переменного резистора R_{38}. Вторая цепь обратной связи имеет очень важное значение, так как

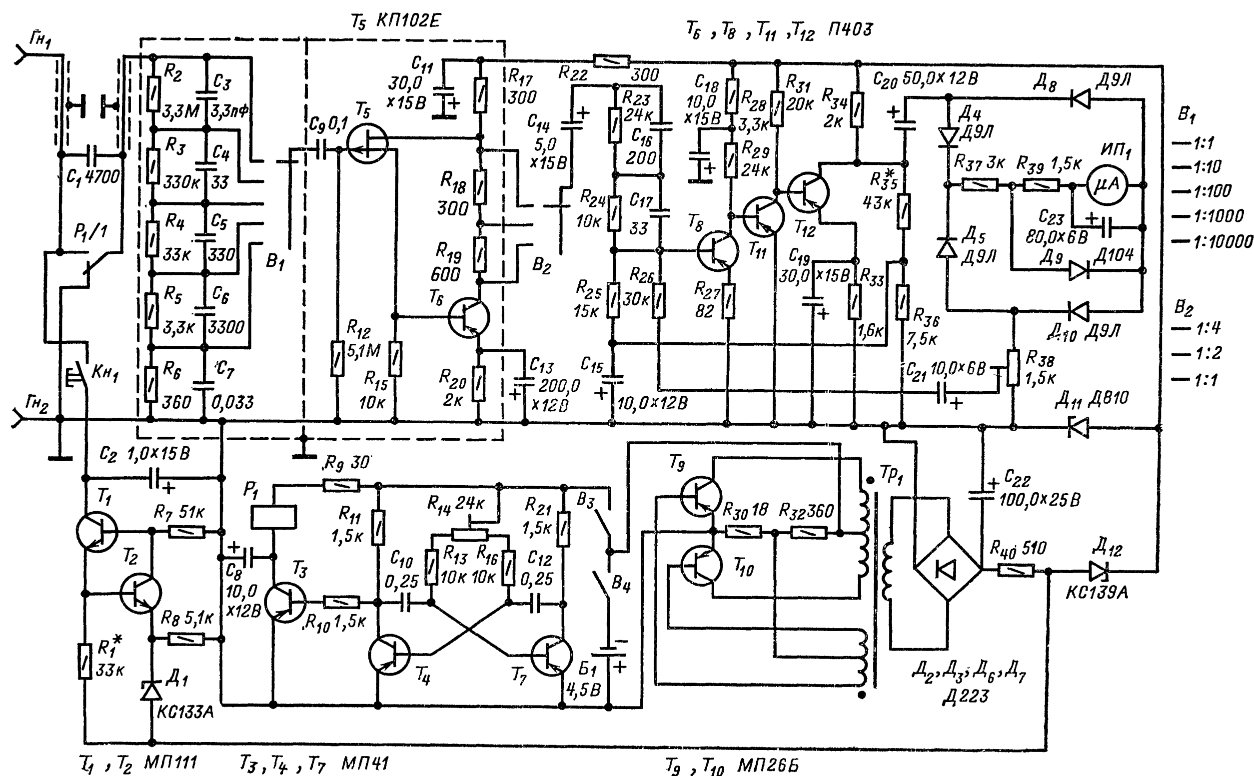


Рис. 6-1. Принципиальная схема милливольтметра.

она позволяет компенсировать нелинейность характеристики диодов $Д_4$, $Д_5$, $Д_9$, $Д_{10}$ выпрямительного моста и расширяет горизонтальный участок частотной характеристики прибора.

С нагрузки оконечного усилителя усиленное измеряемое напряжение поступает на выпрямительный мост и далее на измерительный прибор $ИП_1$.

При измерении постоянного напряжения с помощью выключателей $В_3$ и $В_4$ питание подается не только на усилитель милливольтметра, как и при измерении переменного напряжения, но и на мультивибратор (транзисторы $Т_4$, $Т_7$) с усилителем $Т_3$. В коллекторную цепь транзистора $Т_3$ включена обмотка реле $Р_1$. Это реле срабатывает с частотой генерации мультивибратора. Контакты реле $Р_{1/1}$ включены в цепь измеряемого напряжения и периодически разрывают эту цепь. Таким образом, постоянное измеряемое напряжение превращается в пульсирующее, т. е. переменное. Далее процесс измерения протекает так же, как и при переменном напряжении. Нестабильность частоты мультивибратора не сказывается на точности измерений, которая зависит от скважности импульсов, в данном случае достаточно постоянной. В силу того что измеряемое постоянное напряжение превращается в импульсное одной полярности, чувствительность прибора при измерении постоянного напряжения оказывается ниже, чем при измерении переменного (синусоидального) напряжения. Так, например, при скважности импульсов, равной 2, чувствительность снижается в 1,5 раза. Пользоваться единой шкалой при измерениях постоянного и переменного напряжения становится невозможно. Для устранения этого в мультивибратор вводится асимметрия с помощью переменного резистора R_{14}. При скважности импульсов 3,3 соотношение чувствительности прибора по постоянному и переменному напряжению равно 1 : 2, так что появляется возможность отсчитывать показания по одной шкале.

Измерение сопротивлений сводится к измерению падения напряжения на неизвестном резисторе при протекании по нему тока определенного значения. Для создания калиброванного значения тока служит стабилизатор тока, собранный на транзисторах $Т_1$ и $Т_2$. При нажатии кнопки $Кн_1$ последовательно с резистором, сопротивление которого измеряют, включается стабилизатор тока. Падение напряжения на R_x преобразуется в импульсное напряжение контактами $Р_1^1$; весь процесс измерений аналогичен измерению постоянных напряжений. При соответствующем подборе тока стабилизатора путем изменения его элементов добиваются того, что при измерениях сопротивлений используют ту же шкалу, что и при измерении напряжений.

Прибор питается от батареи 3336 напряжением 4,5 В. На мультивибратор напряжение поступает непосредственно от батареи через два выключателя ($В_3$ и $В_4$). Усилитель прибора и стабилизатор тока получают несколько повышенное напряжение питания от преобразователя, собранного на транзисторах $Т_9$ и $Т_{10}$, который представляет собой двухтактный генератор с трансформаторной обратной связью. Переменное напряжение генератора повышается трансформатором $Тр_1$, со вторичной обмотки его поступает на выпрямитель (диоды $Д_2$, $Д_3$, $Д_6$, $Д_7$), стабилизируется стабилитронами $Д_{11}$, $Д_{12}$ и подается на усилитель. Стабилизатор тока питается не стабилизированным напряжением с выхода фильтра выпрямителя.

Все детали прибора смонтированы в дюралюминиевом корпусе размерами 200×125×70 мм. Монтаж милливольтметра блочный. Блоки собраны на печатных платах размерами 80×30 мм из фольгированного гетинакса. На них расположены предварительный и оконечный усилители, мультивибратор с реле и преобразователь напряжения. Выпрямительный мост измерительного прибора смонтирован на круглой плате диаметром 75 мм, укрепленной непосредственно на миллиамперметре. Выбор деталей милливольтметра определяется в основном их назначением и размерами прибора. Сопротивление резисторов R_2 — R_6 и R_{17} — R_{19} должно быть подобрано с точностью ±1% от значения, указанного на принципиальной схеме. Для повышения стабильности работы прибора и точности показаний конденсаторы $С_2$, $С_{14}$, $С_{15}$, $С_{21}$ должны иметь большие (до сотен мегом) сопротивления утечки. Диоды выпрямительного моста микроамперметра должны открываться при

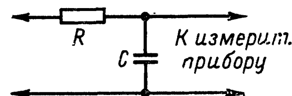


Рис. 6-2. RC-фильтр, включаемый на вход прибора.

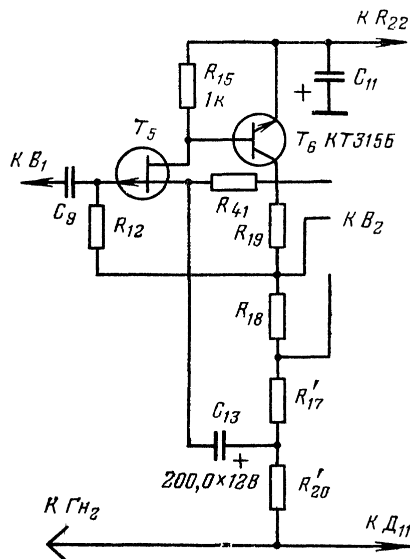


Рис. 6-3. Схема предварительного усилителя с повышенной термостабильностью.

возможно меньшем прямом напряжении и иметь достаточно линейный начальный участок характеристики. Для повышения точности измерений сопротивлений резисторов и стабильности показаний прибора транзисторы $Т_1$ и $Т_2$ не должны сколько-нибудь значительно менять свои параметры при колебаниях температуры окружающей среды.

Трансформатор $Тр_1$ имеет магнитопровод, состоящий из двух сложенных вместе ферритовых колец 2000НН или 2000НМ К16×10×4,5. Первичная обмотка содержит 90+90 витков провода ПЭВ-2 0,2, вторичная обмотка — 250+250 витков провода ПЭВ-2 0,1 и обмотка *III* (обратной связи) 30+30 витков такого же провода, как и обмотка *II*. Собранный трансформатор пропитывают нитролаком. Реле $Р_1$ — РЭС-55А (паспорт РС4.569.610) с сопротивлением обмотки 30 Ом и током срабатывания 30 мА. Измерительный прибор $ИП_1$ М24 с током полного отклонения 100 мкА.

Налаживание прибора следует производить поблочно, до установки всех блоков в корпус на общую плату. Начинать налаживание следует с преобразователя. Необходимо, чтобы он устойчиво работал при снижении напряжения питания до 3,5 В, обеспечивал ток до 20 мА при напряжении на выходе около 24 В и к. п. д. 50%. Частота следования импульсов, генерируемых мультивибратором, должна быть в пределах от 50 до 100 Гц при скважности 2—4. Изменяя сопротивление резистора R_{20}, добиваются на выходе предварительного усилителя неискаженной формы сигнала при выходном на-

пряжении около 50 мВ. Оконечный усилитель налаживают при подключенном микроамперметре. Движок переменного резистора R_{36} устанавливают в такое положение, при котором напряжение обратной связи равно нулю. Изменяя режимы транзисторов оконечного усилителя, добиваются симметричной формы выходного сигнала.

Стабилизатор тока должен обеспечивать ток 0,1 мА на нагрузке до 100 кОм, причем измерение сопротивления нагрузки от 10 до 100 кОм не должно вызывать изменения тока в ней более чем на 2%. Подгонку тока производят, изменяя сопротивление резистора R_1. Градуировку милливольтметра производят по образцовым приборам. С помощью резисторов R_{14} и R_{38} устанавливают стрелку измерительного прибора на последнее деление шкалы, подавая на вход прибора напряжение 1 В (как переменное, так и постоянное). На начальном участке шкалы (примерно 10%) возможна нелинейность градуировки, вызванная нелинейностью начального участка характеристики диодов измерительного моста. При несовпадении градуировки на разных диапазонах измерений следует либо подобрать резисторы во входном делителе, либо изменить сопротивление нагрузки транзистора T_6. Частотную характеристику прибора корректируют, подбирая конденсаторы C_{16} (на частотах до 100 кГц) и C_{17} (на частотах выше 100 кГц). Следует учесть, что при измерении постоянных напряжений в измеряемую цепь вносится переменное напряжение, частота которого равна частоте импульсов, генерируемых мультивибратором. В верхнем (по схеме) положении контактов реле P_1 входное сопротивление прибора велико и милливольтметр не оказывает влияния на измеряемую цепь. При переключении контактов в нижнее положение параллельно входным гнездам будет присоединен разряженный конденсатор C_1. В этом случае, если измеряемая цепь имеет большое сопротивление, напряжение на ней уменьшится почти до нуля. Когда сопротивление достаточно велико, показания милливольтметра будут меньше истинного значения измеряемого напряжения. Избежать этого можно, включив на входе прибора RC-фильтр (рис. 6-2).

Для повышения температурной стабильности прибора каскады, на транзисторах T_5 и T_6 можно выполнить по схеме, показанной на рис. 6-3. Сопротивление резистора R_{20}^1 50 Ом, а сумма сопротивлений резисторов R_{17}^1 и R_{20}^1 должна быть 300 Ом.

Транзисторный авометр с высоким входным сопротивлением

Все более широкое распространение в измерительной технике получают транзисторные авометры с большим входным сопротивлением, которое получается в результате применения во входных цепях полевого транзистора. Однако такие транзисторы еще достаточно дефицитны, и поэтому радиолюбители пытаются создать приборы с высоким входным сопротивлением без использования полевого транзистора. Один из вариантов такого прибора был разработан С. Бирюковым. Используя своеобразную схему включения биполярных транзисторов во входных цепях прибора, автор добился достаточно высокого входного сопротивления и линейной шкалы при измерении как постоянных, так и переменных токов и напряжений. Это позволяет использовать шкалу микроамперметра без переделки.

С помощью описываемого авометра можно измерять постоянное и переменное напряжение в диапазоне от 0 до 1000 В (0,1; 0,5; 2,5; 10; 50; 250 и 1000 В), постоянный и переменный токи от 0 до 5 А (1,0; 5,0; 25; 100; 500 мкА; 2,5; 10; 50; 250 мА; 1,0 и 5 А). Кроме того, прибор позволяет измерять сопротивления в пределах от 0,1 Ом до 50 МОм (2,0; 10, 40, 200 Ом; 1,0; 4,0; 20; 100 кОм и 1,0 МОм при установке стрелки микроамперметра в середине шкалы).

Погрешность прибора при измерении постоянных напряжений и токов не превышает 2%; при измерении переменных токов и напряжений погрешность увеличивается до 3%. Относительное входное сопротивление прибора 1 МОм/В при измерениях от 0,1 до 10 В и 10 МОм на остальных диапазонах. Падение напряжения на транзисторном авометре при измерении тока на всех диапазонах не превышает 0,1 В.

Прибором можно измерять переменные токи и напряжения повышенной частоты. Диапазоны частот в зависимости от рода и предела измерений указаны в табл. 6-1. Уход нуля усилителя постоянного тока в течение 1 ч не превышает 1%. Шкала прибора при измерении переменных токов и напряжений, как уже указывалось, строго линейна и в точности совпадает со шкалой для измерений постоянных токов и напряжений. Авометр собран на одной микросборке 1 ММ6.О и семи транзисторах. Питается авометр от двух батарей 3336 и потребляет от одной из них 2 мА, от второй 5 мА. Омметр питается отдельно от одного элемента 373 («Сатурн»).

Принципиальная схема авометра изображена на рис. 6-4. Усилитель постоянного тока собран на микросборке 1ММ6.О (транзисторы $T_1 — T_4$); усилитель переменного тока — на транзисторах $T_5 — T_{11}$. Выпрямителем измеряемого переменного напряжения (тока) служат диоды $Д_1$, $Д_2$. С помощью переключателей $В_1$ и $В_2$ изменяют пределы измерений. Первым переключателем меняют добавочные сопротивления при измерении напряжений (резисторы $R_{30} — R_{33}$), вторым — шунты (резисторы $R_{35} — R_{44}$) при измерении токов и сопротивлений. Усилитель постоянного тока состоит из двух дифференциальных каскадов с непосредственной связью между ними. Отрицательная обратная связь, напряжение которой подается через резисторы $R_1 — R_2$, обеспечивает высокую стабильность работы усилителя и малый дрейф нуля. Выбор транзисторной микросборки для усилителя постоянного тока не случаен. Благодаря тому, что все четыре транзистора находятся в одном корпусе, их температуры равны и это в значительной степени снижает дрейф нуля усилителя постоянного тока.

При измерении переменных токов и напряжений сигнал с входного делителя через конденсатор C_3 поступает на базу транзистора T_6, работающего в первом каскаде дифференциального усилителя. Усиленное напряжение снимается с резистора R_{20}, подается на вход следующего каскада на транзисторе T_7 и далее на вход предоконечного каскада, собранного также по дифференциальной схеме на транзисторах T_8, T_9. Оконечный каскад выполнен на транзисторе T_{10}, нагрузкой которого с целью повышения выходного сопротивления служит стабилизатор тока на транзисторе T_{11}. Для получения линейной шкалы индикаторный прибор вместе с выпрямителем включен в цепь отрицательной обратной связи каскада усиления на транзисторах $T_8 — T_{10}$. Другую цепь отрицательной обратной связи образуют резистор R_{27} и конденсатор C_5, через которую напряжение обратной связи поступает на базу T_9.

Для уменьшения размеров прибора и числа используемых деталей схема коммутации построена таким об-

Таблица 6-1

Диапазон измерений переменных напряжений	Полоса частот, Гц	Диапазон измерений переменных напряжений	Полоса частот, Гц
0—0,1	30—50 000	0—50	30—500
0—0,5	30—10 000	0—250	30—500
0—2,5	30—2000	0—1000	30—500
0—10	30—50 000		

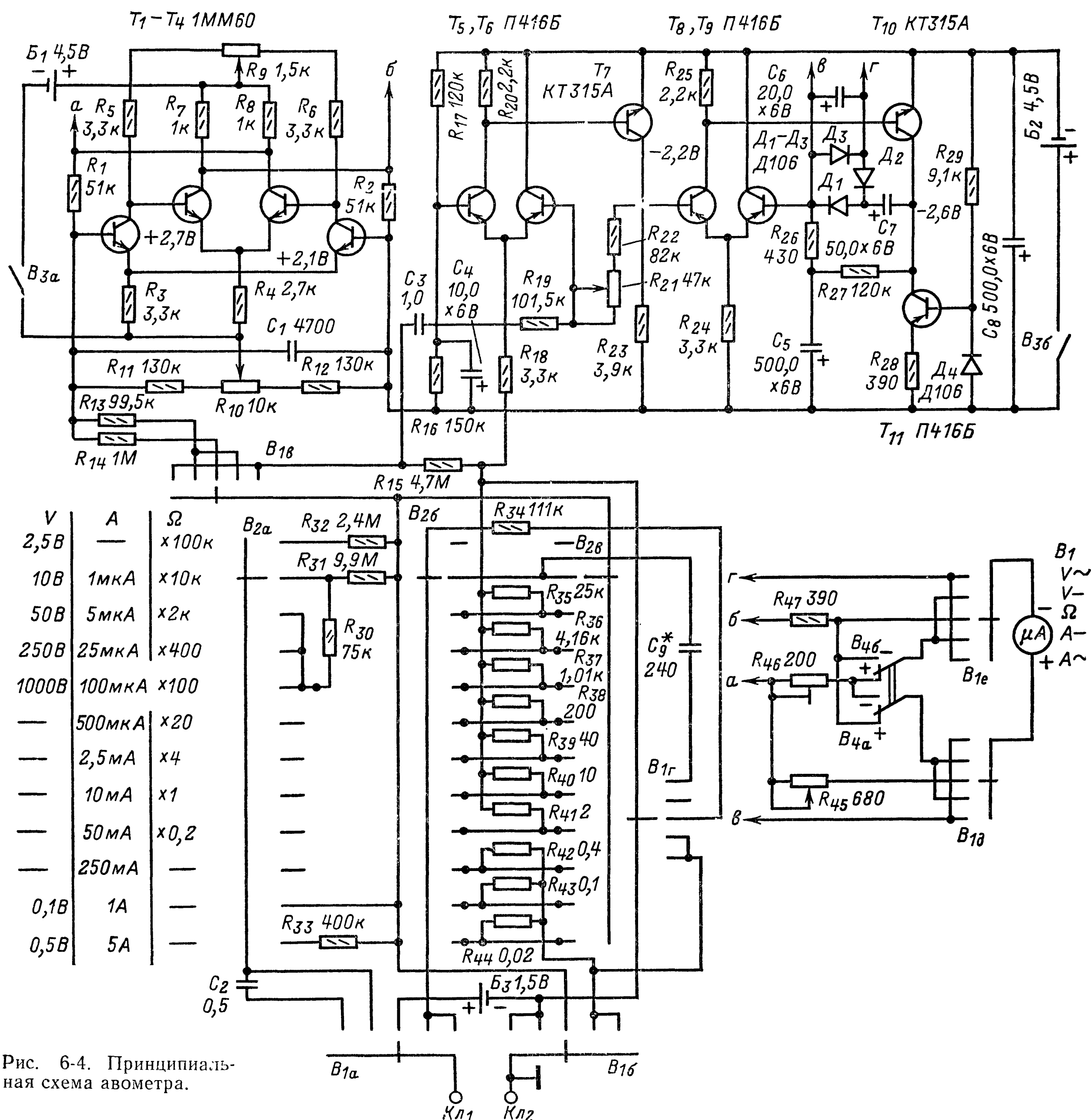


Рис. 6-4. Принципиальная схема авометра.

разом, что часть шунтов микроамперметра используется в качестве добавочных резисторов при измерении напряжений и сопротивлений. Другой особенностью схемы коммутации является то, что шунты переключаются двумя платами переключателя B_2 ($B_{2а}$ и $B_{2б}$). Это сделано для того, чтобы свести на нет нестабильность сопротивлений ламелей, что обычно приводит к значительным погрешностям при измерении больших токов. Конденсатор C_1 служит для устранения возможного самовозбуждения усилителя постоянного тока на высоких частотах. Конденсатор C_9 улучшает частотную характеристику входного делителя на пределе измерений 10 В. Резистор R_{45} служит для установки стрелки микроамперметра на нулевое деление шкалы при измерении сопротивлений. Резисторы R_{21} и R_{46} служат для подбора необходимого коэффициента усиления при налаживании и градуировке прибора. Установка стрелки микроамперметра на нуль при измерениях токов и напряжений производится с помощью переменных резисторов R_9 и R_{10}. Для удобства пользования прибором в нем установлен переключатель B_4, с помощью которого можно менять местами выводы микроамперметра. Это позволяет измерять напряжение и токи разной полярности, не меняя местами щупы авометра. Диод $Д_3$ ограничивает броски тока при отключенном микроамперметре, являясь нагрузкой усилителя переменного тока. Прибор вместе с источниками питания собран в металлическом корпусе размерами 250×140×65 мм. Усилитель постоянного тока смонтирован на печатной плате размерами 40×40 мм. Чертеж этой платы помещен на рис. 6-5. Детали усилителя переменного тока размещены на гетинаксовой плате размерами 50×100 мм.

Добавочные резисторы и шунты установлены на планках из изоляционного материала, расположенных вдоль одной из длинных боковых сторон корпуса. Переключатель B_1 — стандартный трехплатный галетный на пять положений. Переключатель B_2 — тоже галетный трехплатный на одиннадцать положений. Он незначительно переделан. На месте упора, расположенного на фасонном диске фиксатора, выпиливают углубление, благодаря чему у переключателя будет не 11, а 12 фиксированных положений. В одном из них (верхнем на принципиальной схеме) ножи подвижных контактных дисков $B_{2б}$ и $B_{2в}$ не соединяются ни с одной из укороченных ламелей на их обоймах. Внутренняя подвижная часть платы $B_{2а}$ повернута на 180° относительно таких же частей плат $B_{2б}$ и $B_{2в}$, поэтому нож ее контактного диска не соединен с укороченными ламелями в другом положении переключателя (седьмое сверху на принципиальной схеме). Такая переделка переключателя позволяет использовать новое, 12-е положение. Желательно, чтобы диски плат $B_{2б}$ и $B_{2в}$ были с широкими ножами. Это позволяет производить переключение диапазонов авометра без разрыва измеряемой цепи, устраняя тем самым броски тока через микроамперметр при измерении напряжений. Остальные детали авометра стандартные. Микроамперметр типа М24 с током полного отклонения 100 мкА. Здесь можно использовать любую другую измерительную головку, рассчитанную на ток полного отклонения 50—100 мкА. Если этот прибор имеет рамку, укрепленную на растяжках, например, М265, то деления на правой стороне шкалы будут несколько сжаты. В микроамперметрах с рамкой, вращающейся в подпятниках, этого явления наблюдаться не будет. При выборе деталей для авометра следует обратить внимание на резисторы R_1, R_2, R_7 и R_8. Их необходимо подобрать так, чтобы сопротивления каждой пары не отличались между собой более чем на 2—3%. Вместо микросборки 1ММ6.О в усилителе постоянного тока можно использовать транзисторы КТ315, КТ312 и КТ301, однако при этом дрейф нуля усилителя может значительно увеличиться. Температурная стабильность усилителя постоянного тока зависит от транзисторов T_1 и T_2, находящихся в микросборке. Их можно выбрать с помощью несложного устройства, схема которого изображена на рис. 6-6. Припаивать выводы транзисторов микросборки к этому устройству нельзя, так как даже тепло пальцев может повлиять на результаты измерений. Микросборку следует осторожно зажать в тиски и подключать выводы транзисторов к устройству с помощью отрезков тонкой медной трубки или спирали, навитой из луженого медного провода диаметром 0,15—0,2 мм. Транзисторы в микросборке выбирают следующим образом. Переменным резистором R_1 устанавливают ток коллектора 300 мкА. Затем, не меняя положения движка R_1, подключают по очереди остальные транзисторы микросборки и измеряют их коллекторные токи. В качестве транзисторов T_1 и T_2 следует использовать те транзисторы, коллекторные токи которых отличаются друг от друга не более чем в 1,5 раза. Необходимо измерить также и коэффициент передачи тока любым фабричным испытателем транзисторов. Для всех транзисторов (как микросборки 1ММ6.О, так и П416) коэффициент передачи тока должен быть не менее 40.

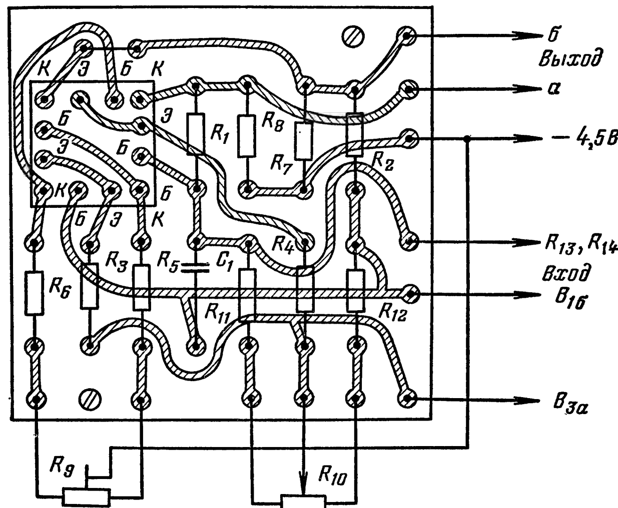


Рис. 6-5. Печатная плата усилителя постоянного тока.

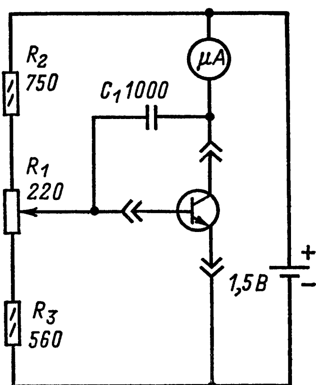


Рис. 6-6. Принципиальная схема вспомогательного устройства для подбора транзисторов в микросборке.

Рис. 6-7. Шкала авометра.

Все переменные резисторы авометра, за исключением R_{11}, желательно применить проволочные. Оси резисторов R_{10} и R_{46} выводят на переднюю панель. Сопротивления постоянных резисторов R_{13}, R_{14}, R_{19} и R_{31}—R_{44} необходимо подобрать с точностью не хуже 1%. Резисторы R_{42} — R_{44} — проволочные. Точно их сопротивления подгоняют в режиме измерения токов при налаживании прибора. Собственно налаживание смонтированного авометра сводится к проверке и установке режимов усилителей и коррекции частотной характеристики. Напряжения на электродах транзисторов усилителя постоянного тока, указанные на принципиальной схеме, измерены относительно минусового вывода батареи $Б_1$, а на электродах транзисторов усилителя переменного тока — относительно плюсового вывода батареи $Б_2$. В случае применения исправных деталей и транзисторов с $h_{21Э}$ около 40 режимы транзисторов устанавливаются автоматически. При необходимости режимы усилителя постоянного тока можно подогнать, подбирая сопротивления резисторов R_{11} и R_{12}.

Стрелку микроамперметра устанавливают на нулевую отметку при налаживании прибора сначала при помощи переменного резистора R_9, соединив накоротко базы транзисторов T_1 и T_2. Затем базы размыкают и при необходимости снова устанавливают стрелку измерительного прибора на нулевое деление посредством резистора R_{10}. Этот же резистор используют для установки стрелки микроамперметра на нулевую отметку во время измерений.

Для калибровки усилителя постоянного тока переключатель B_1 устанавливают в положение «V—», а B_2— в положение «10 В». На вход авометра подают напряжение 10 В, контролируемое по образцовому прибору. Вращая движок переменного резистора R_{46}, устанавливают стрелку измерительного прибора на последнюю отметку шкалы. Аналогично калибруют и усилитель переменного тока при помощи переменного резистора R_{21}, подавая на вход авометра переменное напряжение 10 В с частотой 100 Гц от звукового генератора. Переключатель B_1 при этом должен находиться в положении «V ~». Конденсатор C_9 подбирают при подаче на вход авометра напряжения 10 В частотой 20—50 кГц. Шкалу омметра градуируют расчетным путем. Если шкала омметра имеет 50 делений, то положение делений шкалы омметра определяют по следующей формуле:

$$N = 50\frac{10}{10+R},$$

где R — деление шкалы омметра; N — деление шкалы микроамперметра.

Примерный вид шкалы авометра приведен на рис. 6-7.

Генератор-частотомер

Характерным направлением в творчестве радиолюбителей, конструирующих радиоизмерительную аппаратуру, стало в последнее время создание комбинированных аппаратов, объединяющих несколько измерительных устройств. Чаще всего такие аппараты состоят из двух-трех простых приборов, взаимодополняющих друг друга при тех или иных измерениях. В этом смысле удачным следует считать объединение в одном приборе генератора сигналов низкой или высокой частоты и частотомера. Это не только упрощает конструкцию и налаживание генератора (отпадает необходимость в изготовлении и градуировке его шкалы), но и расширяет возможности прибора в целом: частотомер можно использовать и отдельно.

Описываемый генератор-частотомер, разработанный московскими радиолюбителями В. Плотниковым, Г. Герасимовым и Ю. Кукса, предназначен для налаживания радиоаппаратуры, работающей в диапазоне звуковых и ультразвуковых частот. Диапазон генератора (20 Гц — 200 кГц) разбит на четыре поддиапазона: 20—200 Гц; 200 Гц — 2 кГц; 2—20 и 20—200 кГц. Неравномерность частотной характеристики не превышает 1 дБ (в конце последнего поддиапазона она несколько увеличивается и достигает 3 дБ), коэффициент гармоник не более 0,3% во всем диапазоне частот. Для удобства работы с прибором границы поддиапазонов частотомера выбраны такими же, как и в генераторе (пределы: 200 Гц, 2, 20 и 200 кГц). Минимальное напряжение входного сиг-

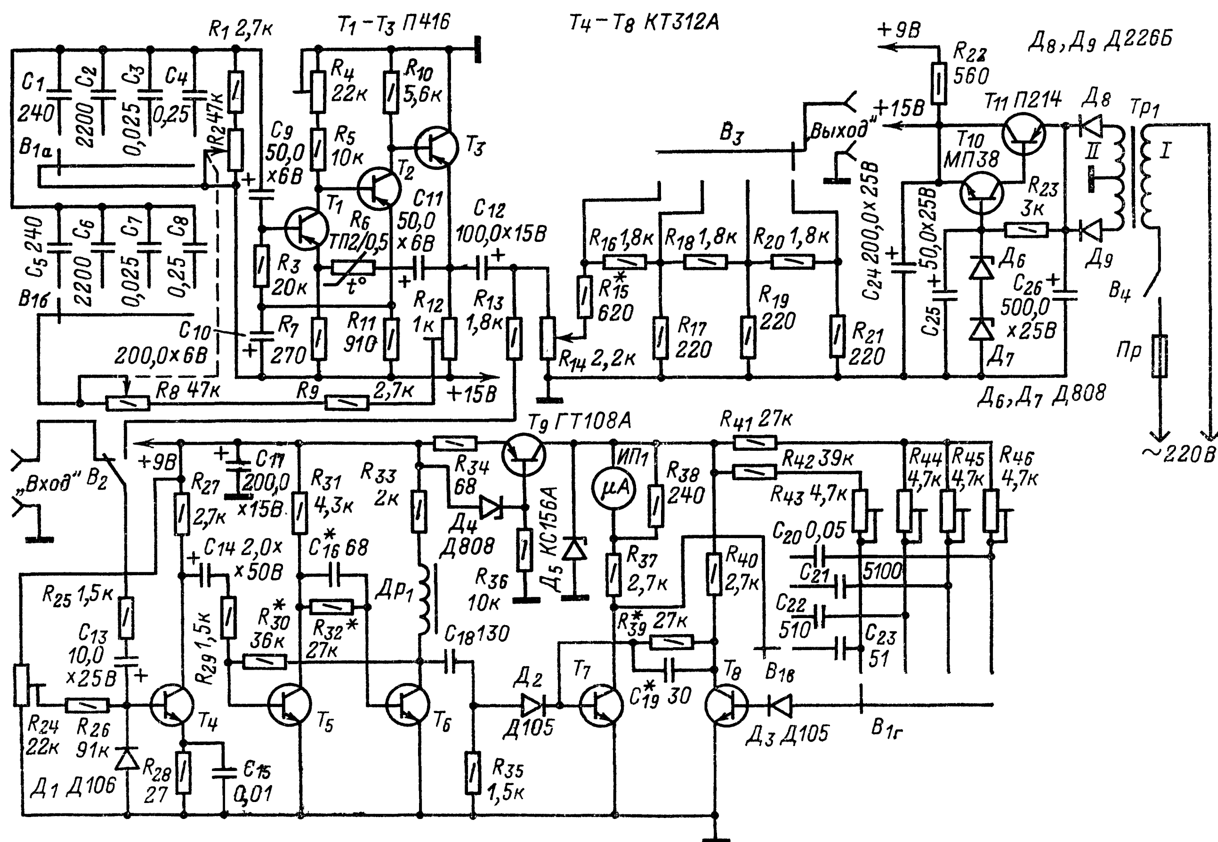


Рис. 6-8. Принципиальная схема генератора-частотомера.

нала, при котором возможно измерение его частоты, составляет 30 мВ, максимальное 20 В. Погрешность частотомера не превышает 3%.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 6-8. Как видно из нее, генератор сигналов низкой частоты выполнен на транзисторах T_1 — T_3. Он представляет собой трехкаскадный УНЧ с непосредственной связью между каскадами, охваченный цепями положительной и отрицательной обратных связей. Цепь первой из них состоит из последовательной и параллельной *RC*-ячеек. В зависимости от положения переключателя B_1 в последовательную ячейку входят один из конденсаторов C_5 — C_8 и резисторы R_8 и R_9, в параллельную — один из конденсаторов C_1 — C_4 и резисторы R_1 и R_2. Эти *RC*-ячейки образуют плечи делителя переменного напряжения, снимаемого с нагрузки транзистора T_3 — резистора R_{12}. Напряжение с делителя через конденсатор C_9 подается в цепь базы транзистора T_1. Благодаря ярко выраженным частотно-избирательным свойствам делителя усилитель самовозбуждается на определенной частоте, которая зависит от емкости конденсаторов и сопротивлений резисторов, включенных в цепь положительной обратной связи. Смена поддиапазонов частот осуществляется переключателем B_1, плавная перестройка внутри поддиапазонов — сдвоенным переменным резистором R_2R_8. Резисторы R_1 и R_9 ограничивают перекрытие внутри поддиапазонов со стороны высоких частот, т. е. служат для выравнивания начальных сопротивлений в плечах делителя.

Цепь отрицательной обратной связи, уменьшающей нелинейные искажения, также охватывает весь генератор. Напряжение этой обратной связи снимается с эмиттера транзистора T_3 и через цепочку, состоящую из конденсатора C_{11} и терморезистора R_6, подается в цепь эмиттера транзистора T_1. Применение терморезистора позволило получить сравнительно высокую стабильность выходного напряжения генератора во всем рабочем диапазоне частот.

Напряжение с выхода генератора подается на вход частотомера (через переключатель B_2) и на переменный резистор R_{14}, которым осуществляется плавная регулировка выходного напряжения. К движку этого резистора подключен ступенчатый аттенюатор (резисторы R_{15}—R_{21}), с помощью которого выходное напряжение можно ослабить в 10, 100 и 1000 раз (на 20, 40 и 60 дБ соответственно). Для установки требуемого ослабления выходного сигнала служит переключатель B_3.

Частотомер описываемого прибора выполнен на транзисторах T_4—T_8. Он состоит из усилителя сигнала, частоту колебаний которого необходимо измерить, несимметричного триггера с дифференцирующей цепочкой на выходе и ждущего мультивибратора, нагруженного на стрелочный измерительный прибор магнитоэлектрической системы. Принцип измерения частоты основан на измерении среднего значения тока в одном из плеч ждущего мультивибратора, запускаемого исследуемым сигналом. Исходное состояние мультивибратора, собранного на транзисторах T_7 и T_8, таково, что первый из них закрыт и ток в его коллекторной цепи практически отсутствует. При подаче на вход частотомера исследуемого сигнала ждущий мультивибратор периодически (с частотой сигнала) генерирует прямоугольные импульсы одинаковой формы. Среднее значение тока коллектора транзистора T_7, измеряемое стрелочным прибором $ИП_1$, пропорционально частоте повторения импульсов, а следовательно, и частоте исследуемого сигнала.

Очевидно, что необходимая точность отсчета может быть получена только в том случае, если форма импульсов (их длительность и амплитуда) будет неизменна в пределах каждого поддиапазона частот. С этой целью в приборе применено специальное устройство формирования запускающих импульсов, выполненное на транзисторах T_4—T_6. Исследуемый сигнал с гнезд «Вход» или с выхода генератора сигналов через резистор R_{25} и конденсатор C_{13} поступает на базу транзистора T_4 и усиливается им. С коллектора этого транзистора усиленный сигнал подается на вход несимметричного триггера (транзисторы T_5, T_6), который формирует прямоугольные импульсы, следующие с частотой исследуемого сигнала. С коллектора транзистора T_6 эти импульсы поступают на дифференцирующую цепочку, состоящую из конденсатора C_{18} и резистора R_{35}. Продифференцированные импульсы в положительной полярности подаются на вход ждущего мультивибратора (транзисторы T_7, T_8) и запускают его. Благодаря такой системе запуска импульсы мультивибратора не зависят от формы и амплитуды исследуемых колебаний. Для повышения точности измерений в разных поддиапазонах длительность импульсов мультивибратора выбрана различной. Она определяется параметрами цепей $R_{41}R_{46}C_{20}$, $R_{41}R_{45}C_{21}$, $R_{41}R_{44}C_{22}$ и $R_{42}R_{43}C_{23}$.

Для повышения стабильности работы прибора при изменении сетевого напряжения и генератор и частотомер питаются от стабилизатора, выполненного на транзисторах T_{10}, T_{11} и стабилитронах $Д_6$, $Д_7$. При колебаниях напряжения сети в пределах ±10% напряжение на выходе стабилизатора изменяется не более чем на ±1%. Еще одна ступень стабилизации (на транзисторе T_9 и стабилитронах $Д_4$ и $Д_5$) обеспечивает практически неизменное напряжение питания ждущего мультивибратора частотомера. Выпрямитель, подключенный ко вторичной обмотке трансформатора питания $Тр_1$, выполнен на диодах $Д_8$ и $Д_9$ по схеме двухполупериодного выпрямления.

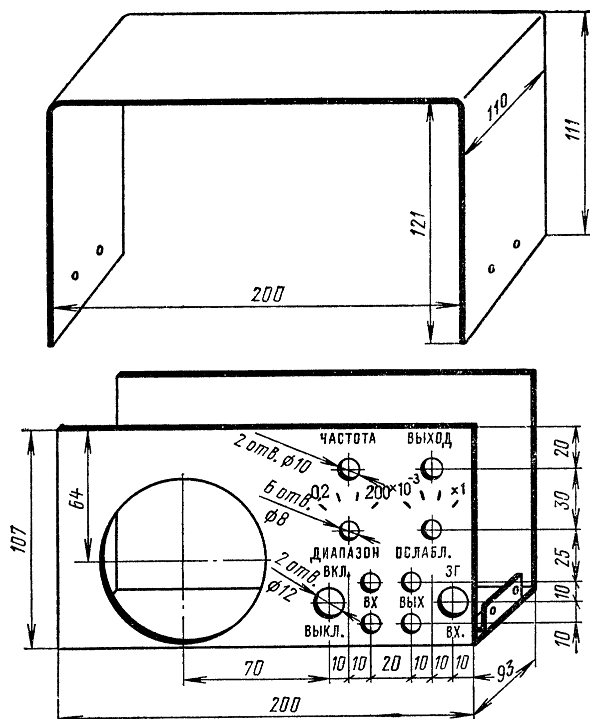


Рис. 6-9. Конструкция корпуса генератора-частотомера.

Конструкция и детали. Прибор собран в корпусе из двух П-образных деталей (рис. 6-9), изготовленных из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм. Основная масса деталей смонтирована на трех печатных платах из фольгированного стеклотекстолита (1,5 мм), две из которых закреплены на задней стенке основания, а одна (частотомер) непосредственно на зажимах стрелочного измерительного прибора. Между собой основание и крышка корпуса соединены винтами М3, ввинчен-

ными в резьбовые отверстия угольников, прикрепленных к нижней части основания.

В генераторе-частотомере применен магнитоэлектрический прибор М265М на 200 мкА, переключатели 4П4Н-ПМ (B_1), 4П2Н-ПМ (B_3), тумблеры ТП1-2 (B_2 и B_4). Постоянные резисторы — МЛТ, подстроечные — СП3-1б, переменные — СП4ам-А (R_{14}) и СП3-7а-В (R_2R_8), терморезистор — ТП2/0,5 (R_6). Конденсаторы C_1, C_5, C_{16}, C_{18}, C_{19}, C_{23} — КТ-1 (КД-1); C_{15} — К10-7В-Н90; C_2, C_6, C_{21} — БМ-2-200; C_{22} — ПМ-1; C_3, C_4, C_7, C_8 и C_{20} — МБМ-160; C_9—C_{14}, C_{17}, C_{24}—C_{26} — К50-6.

Вместо указанных на схеме транзисторов КТ312А можно использовать более доступные транзисторы серии КТ315 (с любым буквенным индексом), вместо ГТ108А—МП39—МП41. Диоды Д105 можно заменить любыми высокочастотными кремниевыми диодами.

В качестве корректирующего дросселя $Др_1$ в приборе применен готовый, марки Д-0,1 (индуктивность 10—15 мкГ). При необходимости его можно изготовить и самому, намотав 15—20 витков провода ПЭВ-1 0,23 на ферритовый подстроечный сердечник М600НН-3-СС 2,8×12 (от фильтров ПЧ карманных приемников «Сокол», «Селга» и т. п.).

Трансформатор питания прибора намотан на магнитопроводе из пластин Ш20 (толщина набора 16 мм). Его первичная обмотка состоит из 1270 витков (127 В) провода ПЭВ-2 0,14 и 930 витков провода ПЭВ-2 0,1, вторичная — из 360 витков провода ПЭВ-2 0,35 с отводом от середины.

Налаживание прибора начинают с частотомера. Измерив напряжение на конденсаторе C_{17} (оно должно быть в пределах 8—10 В), на входные гнезда частотомера от образцового генератора низкой частоты подают сигнал напряжением 100 мВ частотой 1 кГц и с помощью осциллографа проверяют форму напряжений в различных точках частотомера. На коллекторе транзистора T_4 напряжение должно иметь неискаженную синусоидальную форму, на коллекторах транзисторов T_5 и T_6 — форму меандра (симметричные прямоугольные импульсы), на резисторе R_{35} — последовательность двуполярных остроконечных импульсов, на базе транзистора T_7 — последовательность тех же, но однополярных (положительных по отношению к общему проводу) импульсов, а на коллекторе этого же транзистора — последовательность коротких прямоугольных импульсов, следующих с частотой поданного на вход сигнала.

Режим транзистора T_4 по постоянному току устанавливают с помощью подстроечного резистора R_{24} так, чтобы напряжение на его коллекторе было равно 4—5 В. Налаживание триггера и ждущего мультивибратора сводится к подбору резисторов R_{30}, R_{32}, R_{39} и конденсаторов C_{16} и C_{19} (на высокочастотном поддиапазоне). Калибруют частотомер с помощью подстроечных резисторов R_{43}—R_{46}, подавая на вход сигналы частотой 200 Гц, 2, 20 и 200 кГц. Калибровка заключается в установке стрелки прибора $ИП_1$ на последнюю отметку шкалы (200 мкА) в каждом из поддиапазонов.

При правильном монтаже и исправных деталях налаживание генератора также не составляет особого труда. Режим транзистора T_1 по постоянному току устанавливают подстроечным резистором R_4. Глубину положительной обратной связи регулируют подстроечным резистором R_{12} так, чтобы форма выходного напряжения была синусоидальной, а его размах (двойная амплитуда) был не менее 1,5—2 В.

Для облегчения налаживания генератора и частотомера конденсаторы C_1—C_4, C_5—C_8, а также C_{20}—C_{23} в частотомере следует подобрать с возможно большей точностью (допустимое отклонение от номиналов не должно превышать ±5%).

Генератор прямоугольных импульсов

Прямоугольные импульсы электрического тока широко используют в самых различных измерительных приборах, начиная от простейших пробников и кончая сложными приборами с цифровой индикацией. Объясняется это, с одной стороны, тем, что прямоугольный импульс содержит большое число гармонических составляющих, что позволяет использовать его в широком диапазоне частот. С другой стороны, крутизна нарастания и спада тока или напряжения определяет быстродействие переходных процессов, частотный диапазон и точность измерений. Вниманию читателей предлагается разработанный радиолюбителем Н. Дробницей достаточно простой генератор прямоугольных импульсов, обладающий достаточной стабильностью и широким диапазоном.

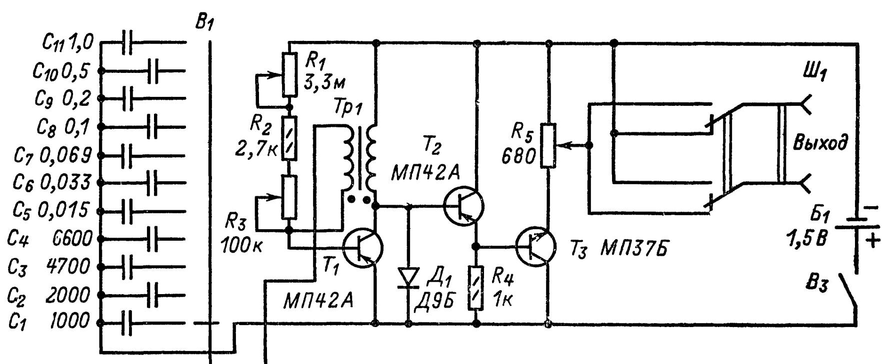


Рис. 6-10. Принципиальная схема генератора прямоугольных импульсов.

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 6-10. Генератор вырабатывает прямоугольные импульсы длительностью от 10 до 250 мкс с частотой следования от 0,6 до 50 кГц и амплитудой до 1,2 В. Амплитуду и частоту прямоугольных импульсов можно плавно менять в указанных пределах. Время нарастания переднего и заднего фронтов импульсов составляет не более 5% длительности вершины. При напряжении питания 1,5 В и максимальной скважности потребляемый ток не превышает 30 мА.

Основным генератором прямоугольных импульсов является блокинг-генератор, собранный на транзисторе T_1 по обычной схеме. Параметры генератора выбраны такими, что он вырабатывает прямоугольные импульсы. Положительные выбросы напряжения, возникающие при закрытом транзисторе T_1, срезаются диодом $Д_1$. Напряжение прямоугольной формы поступает на базу транзистора T_2, работающего эмиттерным повторителем. Наличие такого повторителя уменьшает влияние последующего каскада усиления, собранного на транзисторе T_3, и способствует стабильности работы генератора, а также хорошей крутизне фронтов П-образных импульсов. Усиленные в последнем каскаде прямоугольные импульсы выделяются на резисторе R_5 и с его движка поступают на вход того или иного прибора.

Таблица 6-2

Конденсатор	Средняя длительность импульса, мкс	Частота следования импульса
C_1	10	50 кГц—450 Гц
C_2	13	35 кГц—180 Гц
C_3	16	20 кГц—75 Гц
C_4	20	12 кГц—45 Гц
C_5	25	9 кГц—30 Гц
C_6	35	5 кГц—17 Гц
C_7	45	3,4 кГц—10 Гц
C_8	60	2 кГц—6 Гц
C_9	80	1,2 кГц—3,2 Гц
C_{10}	150	700—0,9 Гц
C_{11}	250	400—0,6 Гц

Переключателем B_1 выбирают необходимый поддиапазон следования импульсов. Резистором R_1 устанавливают грубо, а с помощью R_3 — плавно частоту импульсов внутри каждого поддиапазона. Параметры генератора прямоугольных импульсов в зависимости от положения переключателя B_1 приведены в таблице. Указанные в ней пределы изменения частоты следования импульсов соответствуют крайним положениям движков переменных резисторов R_1 и R_3. С помощью переключателя B_2 можно изменять полярность импульсов на выходе генератора. При необходимости иметь импульсы с амплитудой более 1,2 В следует увеличить напряжение батареи питания $Б_1$. Емкости конденсаторов и сопротивления резисторов при увеличении напряжения питания до 5 В изменять не следует.

Трансформатор $Тр_1$ блокинг-генератора имеет тороидальный магнитопровод из пермаллоя марки 50НП с размерами 20×15×5 мм. Обмотка *I* содержит 50, а обмотка *II* — 350 витков провода ПЭЛШО. Они намотаны в противоположных направлениях, причем витки верхнего слоя обмотки покрывают ее всю. При таком выполнении трансформатора к коллектору и базе транзистора T_1 должны присоединяться начала обмоток. Трансформатор следует располагать на расстоянии более 10 мм от других деталей генератора, иначе заметно ухудшается крутизна фронтов импульсов. В качестве переменных резисторов в генераторе применены СПО-0,5, переключатель B_1 — любой галетный на 11 положений, B_2 и B_3 — тумблеры. Конденсаторы C_1—C_{11} — любые. Генератор смонтирован в пластмассовом корпусе от карманного приемника, причем крышка корпуса с решеткой для динамической головки используется в качестве дна.

Генератор сигналов на микросхемах

В юбилейном августовском номере за 1974 г. на страницах журнала «Радио» появилась новая рубрика: «Интегральные микросхемы — в любительские конструкции!». Под этой рубрикой были опубликованы описания нескольких простых конструкций, знакомящие читателей с новой для них элементной базой. Одной из таких конструкций был простой измерительный генератор сигналов высокой частоты, разработанный в лаборатории журнала В. Фроловым.

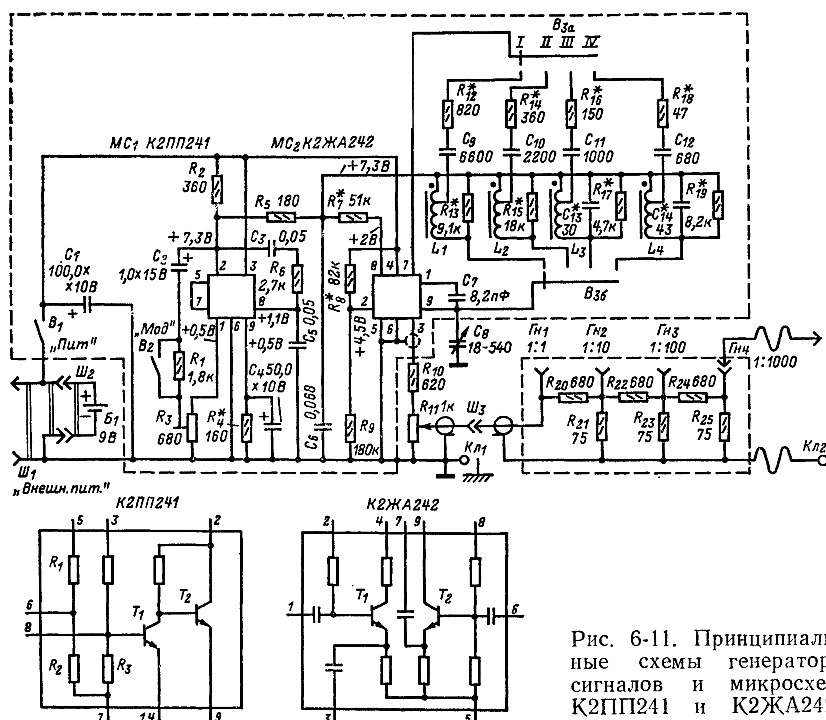


Рис. 6-11. Принципиальные схемы генератора сигналов и микросхем К2ПП241 и К2ЖА242.

Генератор предназначен для проверки и настройки высокочастотных трактов радиоприемников прямого усиления и супергетеродинов. Он выполнен на двух гибридных интегральных микросхемах (далее в тексте — просто микросхемы) серии К224. Одна из них (К2ЖА242) использована в генераторе высокочастотных колебаний, другая (К2ПП241) — в генераторе низкочастотных колебаний (модуляторе). Прибор генерирует сигналы синусоидальной формы в диапазоне частот от 145 кГц до 13,5 МГц. Этот диапазон разбит на четыре поддиапазона: I — 145—540 кГц, II — 520 кГц — 2 МГц, III — 1,7—5,1 МГц, IV — 5—13,5 МГц.

Максимальная амплитуда выходного напряжения в первом поддиапазоне составляет 0,5 В, во втором — 0,3, в третьем — 0,15 и в четвертом — 0,04 В. Выходной сигнал регулируется плавно и ступенчато с помощью выносного аттенюатора, позволяющего ослабить его (сигнал) в 10, 100 и 1000 раз (на 20, 40 и 60 дБ соответственно). Амплитудная модуляция высокочастотного сигнала осуществляется напряжением синусоидальной формы частотой около 1000 Гц. Глубина модуляции не регулируется и во всех поддиапазонах составляет 30—40%. Генератор питается от батареи «Крона» (можно использовать и любой другой источник постоянного тока напряжением 9 В) и потребляет ток около 7 мА. Габариты прибора (без выступающих частей) 142×84×46 мм, выносного аттенюатора 52×27×14 мм. Для удобства работы на корпусе прибора имеется убирающаяся подставка, позволяющая устанавливать его под углом примерно 30° к плоскости стола.

Принципиальные схемы генератора сигналов и гибридных микросхем, примененных в нем, показаны на рис. 6-11. На микросхеме MC_1 собран модулятор, на MC_2 — генератор высокочастотных колебаний и буферный каскад, ослабляющий влияние выходных цепей и нагрузки на работу генератора. Как видно из схемы, модулятор представляет собой RC-генератор с частотно-зависимым делителем напряжения (мостом Вина) в цепи положительной обратной связи, охватывающей каскады на транзисторах T_1 и T_2. В состав этого делителя входят конденсаторы C_3 и C_5, резистор R_6 и соответствующим образом соединенные резисторы R_1—R_3 микросхемы MC_1. Напряжение этой обратной связи снимается с коллектора транзистора T_2 (вывод *2*) и подается в цепь базы транзистора T_1 (вывод *8*).

Отрицательная обратная связь, благодаря которой удается получить форму модулирующего напряжения, близкую к синусоидальной, также охватывает оба каскада модулятора, но ее напряжение подается (через конденсатор C_2 и резисторы R_1, R_3) в цепь эмиттера транзистора T_1 (вывод *1*). Глубина этой обратной связи зависит от положения движка подстроечного резистора R_3 и подбирается при настройке. Для выключения модулятора служит тумблер B_2, контакты которого подключены параллельно резистору R_1. При замыкании этого резистора накоротко глубина отрицательной обратной связи резко возрастает, в результате чего генерация срывается.

Модулирующее напряжение снимается с коллектора транзистора T_2 и через развязывающий фильтр R_5C_6 подается в цепь питания генератора высокочастотных колебаний, собранного по трехточечной схеме с индуктивной связью на транзисторе T_2 микросхемы MC_2. Колебательный контур генератора состоит из конденсатора переменной емкости C_8 и одной из катушек L_1—L_4, подключаемых к нему с помощью переключателя поддиапазонов B_3. Для уменьшения перекрытия по частоте в высокочастотных поддиапазонах (*III* и *IV*) параллельно катушкам L_3 и L_4 подключены соответственно конденсаторы C_{13} и C_{14}. Резисторы R_{13}, R_{15}, R_{17} и R_{19}, шунтирующие катушки колебательных контуров, выравнивают амплитуду колебаний, а следовательно, и глубину модуляции в пределах поддиапазонов, а резисторы R_{12}, R_{14}, R_{16} и R_{18} способствуют повышению устойчивости генерации.

Высокочастотное напряжение с контура включенного поддиапазона через конденсатор связи C_7 поступает на вход буферного каскада, выполненного по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе T_1 микросхемы MC_2 (вывод *1*). Нагрузкой этого каскада служат резисторы R_{10} и R_{11}. С помощью R_{11} осуществляется плавная регулировка выходного напряжения, подаваемого через коаксиальный разъем $Ш_3$ на ступенчатый аттенюатор, состоящий из резисторов R_{20}—R_{25}. В зависимости от требуемого уровня выходной сигнал снимают с одного из гнезд $Гн_1$—$Гн_4$.

Разъем $Ш_2$ служит для подключения встроенной батареи питания «Крона», $Ш_1$ — внешней батареи и выпрямителя. Для уменьшения влияния внутреннего сопротивления источника питания (при разряде батареи) и соединительных проводов цепь питания зашунтирована конденсатором большой емкости C_1.

Конструкция и детали. Детали генератора сигналов, за исключением разъема $Ш_3$, зажима $Кл_1$, конденсатора C_8 и резисторов R_{10}, R_{11}, смонтированы на печатной плате (рис. 6-12), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита (можно и гетинакса) толщиной 1,5 мм. Контакты выключателей B_1, B_2 (микротумблеры МТ-1) и переключателя B_3 (движковый, от транзисторного радиоприемника «Сокол») вставлены в соответствующие отверстия диаметром 3 и 2,6 мм в печатной плате со стороны печатных проводников. В ней они удерживаются соединительными проводниками, припаянными к контактам с обратной стороны платы. Кроме того, на плате (так же со стороны печатных проводников) закреплен

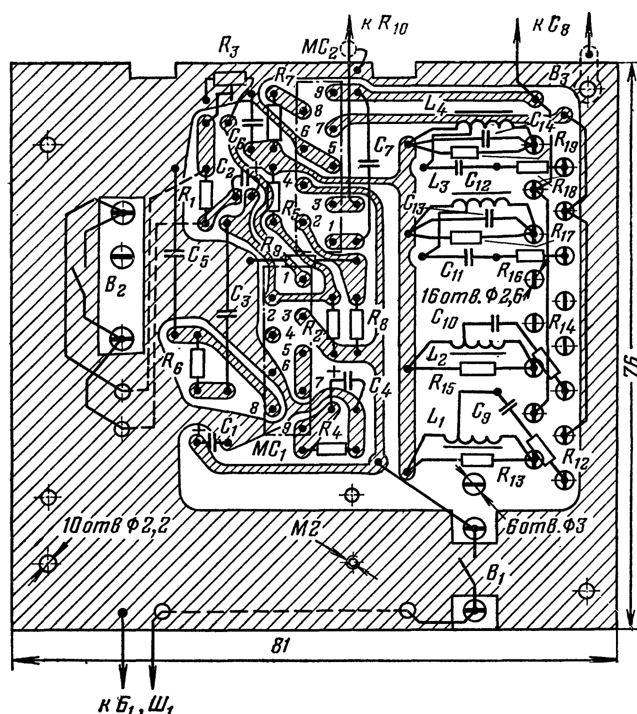


Рис. 6-12. Печатная плата и схема соединений.

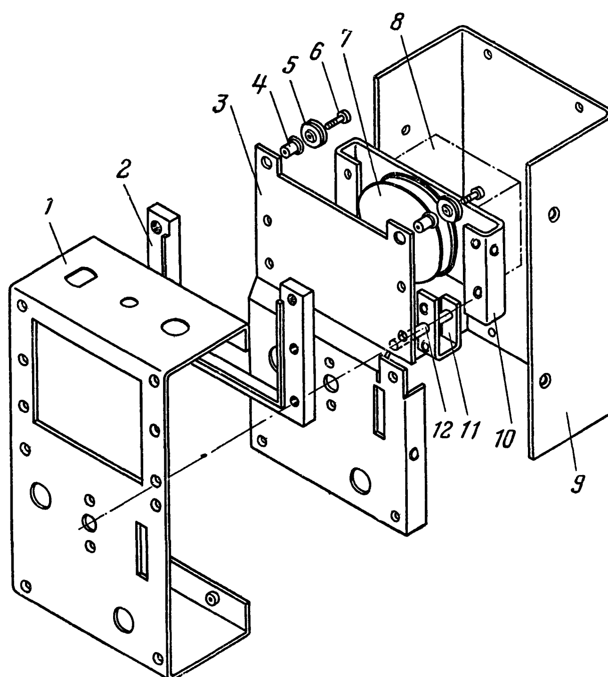


Рис. 6-13. Конструкция корпуса генератора и устройство верньерно-шкального механизма.

1 — основание; *2* — рамка; *3* — пластина; *4* — втулка разьбовая, ЛС59-1, 2 шт.; *5* — шкив малый, стекло органическое, 2 шт.; *6* — винт М2×6, 2 шт.; *7* — шкив большой, полистирол, стекло органическое; *8* — конденсатор переменной емкости (КПЕ); *9* — крышка; *10* — кронштейн КПЕ, АМц-П; *11* — кронштейн, Ст. 10кп; *12* — валик, Ст. 20.

держатель батареи питания, представляющий собой коробку прямоугольной формы, изготовленную из алюминиевого сплава АМц-П толщиной 1 мм. Между собой держатель и плата соединены винтами М2×10 с потайной головкой, ввинченными в резьбовые отверстия в плате. Два из этих винтов использованы и для крепления кронштейна с разъемом $Ш_1$ (разъем для подключения источника внешнего питания от транзисторных магнитофонов «Комета-206», «Лира-206»), на третий навинчена резьбовая стойка высотой 16 мм, к которой крепится экран, закрывающий монтаж прибора. Для предотвращения замыкания печатных проводников между собой (через держатель батареи питания) между платой и держателем проложена пластина из гетинакса толщиной 2 мм.

Корпус генератора состоит из П-образных основания *1* (рис. 6-13) и крышки *9*, изготовленных из того же материала, что и держатель батареи. С внутренней стороны основания закреплена пластина *3* (АМц-П толщиной 1 мм), образующая вместе с П-образной рамкой *2* (листовой полистирол толщиной 3 мм) подшкальник, к которому приклеена бумажная шкала. Для крепления конденсатора C_8 (блок КПЕ от радиоприемника «Альпинист» первых выпусков, секции которого соединены параллельно) служит кронштейн *10*, согнутый из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм. Для крепления крышки *9* использованы винты М2×6 с потайной головкой, ввинченные в резьбовые втулки, развальцованные в отогнутых боковых частях пластины *3*, в кронштейне *10* и полочках основания *1*. Печатная плата закреплена на основании с помощью винтов М2×6, трех резьбовых стоек высотой 20,5 мм и гаек выключателей $В_1$ и $В_2$. В одну из стоек (со стороны платы) ввинчена шпилька М2×8, на которую затем навинчена еще одна стойка высотой 16 мм для дополнительного крепления экрана. Экран изготовлен из мягкой латуни толщиной 0,5 мм.

Верньерно-шкальный механизм генератора состоит из шкива *7* на оси блока КПЕ, валика перестройки частоты *12*, вращающегося в отверстиях кронштейна *11*, двух шкивов *5*, осями которых служат винты *6*, ввинченные в резьбовые втулки *4*, и тросика (капроновая жила диаметром 0,3 мм), охватывающего шкивы *5*, *7* и валик *12*. Диаметр проточки под тросик на шкиве *7* — 35 мм, диаметр валика *12* — 4 мм, длина шкалы равна 55 мм.

На тросике верньерно-шкального механизма закреплен указатель настройки, изготовленный из прозрачного органического стекла толщиной 1 мм. Со стороны, обращенной к шкале, на нем выгравирована тонкая линия, заполненная черной нитрокраской. Для облегчения градуировки и повышения точности отсчета частоты по шкале в указателе, напротив делений шкал, просверлены отверстия диаметром 2 мм.

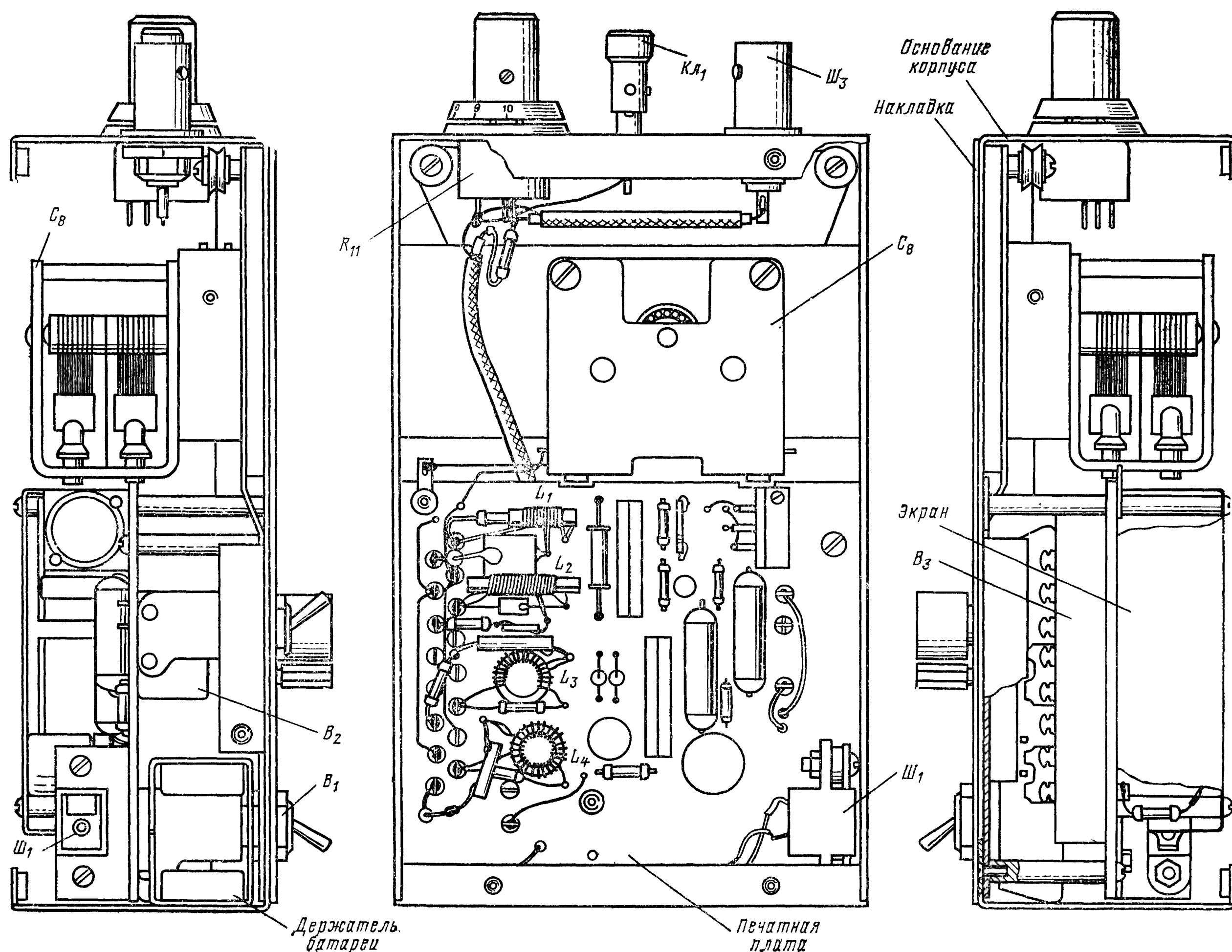


Рис. 6-14. Размещение деталей генератора в корпусе.

Надписи, поясняющие назначение органов управления, выполнены тушью на полосках плотной бумаги серого и бежевого цветов. Для предохранения надписей от повреждений служит накладка размерами 140×84 мм, изготовленная из прозрачного органического стекла толщиной 1 мм. На основании корпуса она закреплена тремя винтами М2 (два из них ввинчены в те же резьбовые втулки, которые использованы для крепления винтов-осей шкивов *5*) и гайками выключателей B_1 и B_2. Размещение деталей в корпусе прибора показано на рис. 6-14.

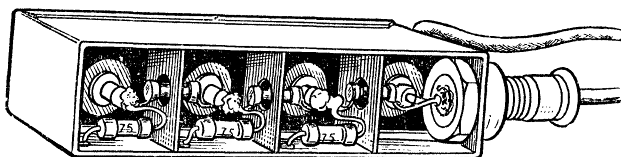


Рис. 6-15. Вид на монтаж аттенюатора.

следует только после установки переключателя на место, окончательно уточнив их взаимное положение в собранном генераторе). Шпильку *4* изготовляют из стального прутка диаметром 3 мм и ввинчивают (до упора) в держатель *2*, после чего на ней делают напильником лыску для крепления ручки управления. Последнюю выпиливают из гетинакса толщиной 5 мм и крепят на шпильке винтом М2×6. Принцип действия переделанного переключателя поясняется на рис. 6-16, *б*.

В генераторе сигналов применены постоянные резисторы МЛТ-0,125, ВС-0,125 (УЛМ-0,12), переменный резистор R_{11} — СПО-0,5, подстроечный R_3 — СП5-2, конденсаторы C_3, C_5 — МБМ, C_1, C_2, C_4 — К50-6, остальные — КДС, КПС и КТ-1. Высокочастотный коаксиальный разъем — СР-50-73ФВР. Вместо него можно использовать разъем для подключения телевизионной антенны.

Катушки генератора L_1 и L_2 намотаны на ферритовых кольцах М1000НМ-А-К10×6×4,5. Первая из них содержит 73 витка провода ПЭВ-2 0,15 с отводом (считая от вывода, помеченного на схеме точкой) от 17-го витка, вторая — 20 витков провода ПЭВ-2 0,41 с отводом от 4-го витка. Катушки L_3 и L_4 намотаны на стержневых

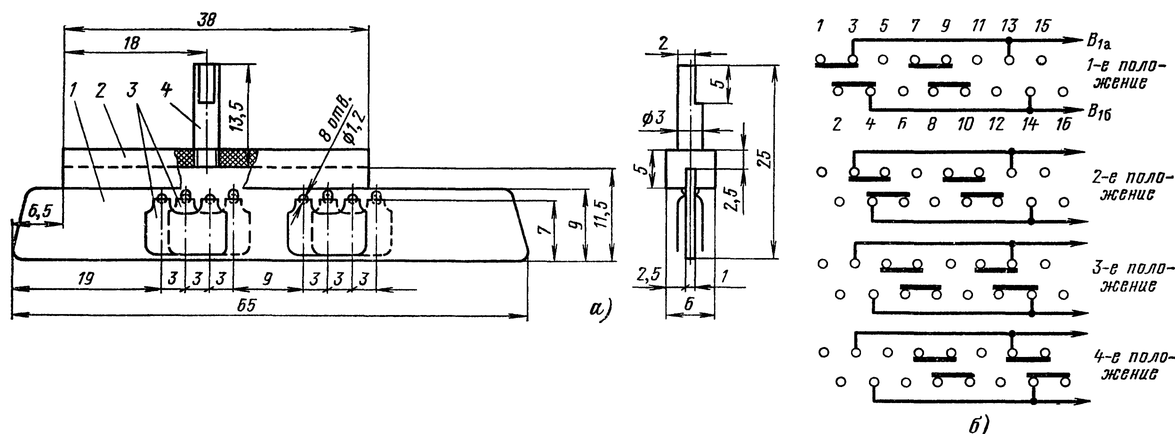


Рис. 6-16. Подвижная часть переделанного переключателя (*а*) и схема, поясняющая его принцип действия (*б*).

1 — движок, текстолит (гетинакс) толщиной 1 мм; *2* — держатель движка, гетинакс, приклеить к дет. 1 клеем БФ-2; *3* — контакты подвижные (от переключателя радиоприемника «Сокол»), 4 шт.; *4* — шпилька М3, Ст. А12, ставить на клее БФ-2.

Резисторы выносного аттенюатора смонтированы в корпусе (рис. 6-15), изготовленном из латуни толщиной 0,5 мм. Его обечайка и перегородки, делящие внутренний объем на восемь частей, соединены друг с другом пайкой, крышки — съемные. До пайки в перегородках просверлены отверстия диаметром 4 мм для прохода резисторов R_{20}, R_{22}, R_{24}. Отверстия диаметром 5 мм под гнезда *Гн*$_1$—*Гн*$_4$ сверлят после пайки. Эти гнезда взяты от панели электронно-лучевой трубки 8ЛО29И (аналогичные по конструкции гнезда используются также в панелях мощных генераторных ламп). В корпусе аттенюатора они закреплены с помощью гаек М2,5 через изоляционные шайбы толщиной 1 мм. Резисторы R_{20}—R_{25} припаяны непосредственно к гнездам и стенкам обечайки.

Переключатель диапазонов B_3, как уже говорилось, использован готовый, однако, для того чтобы с его помощью можно было коммутировать катушки четырех поддиапазонов, конструкция переключателя несколько изменена (рис. 6-16): изготовлен новый движок (рис. 6-16, *а*), число подвижных контактов уменьшено до четырех, удалены крайние неподвижные контакты (по одному в каждом ряду). Движок *1* можно изготовить из гетинакса или текстолита толщиной 0,8—1 мм, держатель *2* — из того же материала или органического стекла толщиной 5 мм (склеивать эти детали между собой

ферритовых (600НН) сердечниках СС3,6×20 (диаметр 3,5, длина 20 мм) и СС2,8×12 (диаметр 2,8, длина 12 мм) соответственно. Катушка L_3 содержит 30 витков провода ПЭВ-2 0,25 (отвод от 10-го витка), L_4 — 12 витков провода ПЭВ-2 0,5 (отвод от 4-го витка). После подгонки индуктивности при налаживании витки катушек закрепляют на сердечниках полистироловым клеем (можно также использовать БФ-2, «Суперцемент» и т. п.). Этим же клеем катушки приклеивают к печатной плате.

Налаживание прибора начинают с проверки режимов работы микросхем по постоянному току. Напряжения на их выводах, указанные на схеме, измерены вольтметром с относительным входным сопротивлением около 100 кОм/В. Устанавливают эти напряжения, подбирая резисторы R_4, R_7 и R_8.

После этого вывод *2* микросхемы *МС*$_1$ через конденсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ соединяют со входом усилителя вертикального отклонения луча осциллографа (С1-5, С1-20, С1-49 и т. п.). Выключатель модуляции B_2 устанавливают в положение, показанное на схеме, и вращая движок подстроечного резистора R_3, добиваются получения на экране осциллографа сигнала неискаженной синусоидальной формы с размахом (двойной амплитудой) 1,4—1,6 В и частотой 1000—1200 Гц. Если сигнал искажен, то необходимо подобрать конденсаторы C_3, C_5 и резистор R_6 (емкости конденсаторов должны

быть одинаковыми, а сопротивление R_6 — равно результирующему сопротивлению резисторов R_1—R_3 микросхемы MC_1). Затем нужно вновь попытаться получить выходной сигнал требуемой формы и амплитуды.

Настроив модулятор, осциллограф подключают к гнезду $Гн_1$ выносного аттенюатора, движок переменного резистора R_{11} устанавливают в верхнее (по схеме) положение, а переключатель поддиапазонов B_1 — в положение *I*. Параллельно катушке L_1 вместо резистора R_{13} подключают переменный резистор сопротивлением 22—27 кОм, а в цепь обратной связи вместо R_{12} — переменный резистор сопротивлением 1—1,5 кОм. Изменяя емкость конденсатора C_8, подбирают такие сопротивления

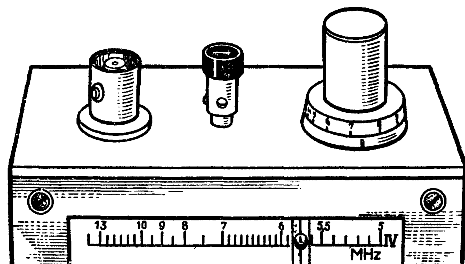


Рис. 6-17. Вид на генератор со стороны регулятора выходного напряжения.

этих резисторов, при которых амплитуда высокочастотных колебаний и глубина модуляции изменяются в пределах поддиапазона в возможно меньшей степени, а форма колебаний близка к синусоидальной. Добившись этого, измеряют крайние частоты поддиапазона. Сделать это можно разными способами. Так, при наличии генератора стандартных сигналов (ГСС) частоту можно измерить либо методом нулевых биений, либо методом фигур Лиссажу. В первом случае выходные гнезда настраиваемого и образцового генераторов соединяют через два встречно-последовательно включенных высокочастотных диода (например, серии Д9), а между точкой соединения этих диодов и проводом, соединяющих «земляные» зажимы генераторов, включают головные высокоомные телефоны. Если разность частот колебаний генераторов не превышает 15 кГц, то в телефонах слышен звук, частота которого понижается при перестройке одного из генераторов в сторону уменьшения этой разности. При равенстве частот звук пропадает вовсе.

При измерении частоты методом фигур Лиссажу выходной сигнал настраиваемого генератора подают на вход усилителя вертикального отклонения луча осциллографа, а на вход его усилителя горизонтального отклонения луча — сигнал от ГСС. Частоту колебаний ГСС устанавливают такой, чтобы на экране осциллографа получилась окружность или эллипс, что свидетельствует о равенстве частот обоих генераторов.

Если же осциллограф имеет калибратор длительности развертки (например, С1-15, С1-20, С1-49), то граничные частоты поддиапазона можно измерить с его помощью, сравнивая длительность одного полного колебания генератора с длительностью развертки луча. Следует, однако, учесть, что в этом случае ошибка может достигать 5—10%.

При отсутствии измерительных приборов границы поддиапазона (а впоследствии и градуировку) можно установить по шкале заводского радиовещательного приемника. В этом случае выносной аттенюатор генератора располагают в непосредственной близости от антенного гнезда приемника, в гнездо $Гн_1$ вставляют отрезок миллиметрового провода длиной 150—200 мм, и, перестраивая приемник, определяют по его шкале крайние частоты генерируемых прибором колебаний (низшую частоту в диапазоне ДВ, высшую — в диапазоне СВ). Погрешность измерений частоты таким способом также невысока и может достигать 10% (все зависит от точности градуировки шкалы приемника).

Граничные частоты поддиапазона подгоняют изменением индуктивности катушки L_1. Легче всего это сделать, отматывая витки (не более чем по одному — два), поэтому при намотке число витков этой катушки (как, впрочем, и остальных) надо увеличить на 5—10%. После укладки поддиапазона в заданные границы еще раз уточняют сопротивления переменных резисторов (шунтирующего катушку и включенного в цепь обратной связи) и заменяют их постоянными резисторами ближайших номиналов.

Точно так же настраивают генератор сигналов и на остальных поддиапазонах. При этом следует стремиться к тому, чтобы соседние поддиапазоны обязательно имели взаимное перекрытие, т. е. низшая частота второго поддиапазона была ниже высшей частоты первого, низшая частота третьего — ниже высшей второго и т. д. Регулировать индуктивность катушек L_2—L_4 можно изменением не только числа их витков, но и расстояний между витками. Верхние границы высокочастотных поддиапазонов (*III* и *IV*) устанавливают подбором конденсаторов C_{13} и C_{14}. Шкалы генератора градуируют одним из способов, описанных выше. Для облегчения настройки АМ трактов ПЧ радиовещательных приемников на шкале первого поддиапазона дополнительно отмечают положение указателя, соответствующее частоте 465 кГц.

В последнюю очередь градуируют шкалу регулятора выходного напряжения. Для этой цели можно использовать либо высокочастотный вольтметр, либо осциллограф с калиброванным делителем на входе усилителя вертикального отклонения луча. Генератор переключают на второй поддиапазон (520 кГц — 2 МГц) и, последовательно устанавливая ручку регулятора (R_{11}) в положения, соответствующие наибольшему выходному сигналу, 0,9 его величины и т. д. до 0,1, на ободе ручки тушью делают отметки, возле которых затем наносят числа от 0 до 10 (рис. 6-17). От повреждений эти надписи защищают тонким слоем клея «Суперцемент».

Низкочастотный ГКЧ

Одним из наиболее важных параметров усилителей, фильтров и других низкочастотных устройств является их амплитудно-частотная характеристика. Радиолюбители обычно снимают ее по точкам с помощью генератора сигналов низкой частоты и высокоомного вольтметра (или осциллографа), а затем вычерчивают на бумаге в виде графика, по которому и судят о качестве настройки того или иного устройства. Однако такой способ контроля частотной характеристики отнимает очень много времени. Гораздо быстрее это можно сделать с помощью измерителя амплитудно-частотных характеристик, позволяющего наблюдать их на экране электронно-лучевой трубки. Такие приборы выпускаются отечественной промышленностью, однако большинству радиолюбителей они недоступны.

Измеритель амплитудно-частотных характеристик не так уж трудно сделать и самому, особенно если в лаборатории радиолюбителя уже есть хотя бы низкочастотный осциллограф. В этом случае необходимо лишь изготовить приставку к нему — генератор качающейся частоты. Удачный вариант такого устройства предложен ленинградскими инженерами С. Жуковым и Л. Барановым. Их прибор представляет собой низкочастотный генератор на биениях с автоматической пе-

рестройкой частоты в двух диапазонах: 0—20 и 0—100 кГц. Перестраиваемый генератор и модулятор заимствованы из статьи В. Голубева, опубликованной в «Радио», 1968, № 11. Отличие состоит лишь в том, что скорость перестройки частоты генератора (в связи с тем, что он работает в диапазоне звуковых и ультра-

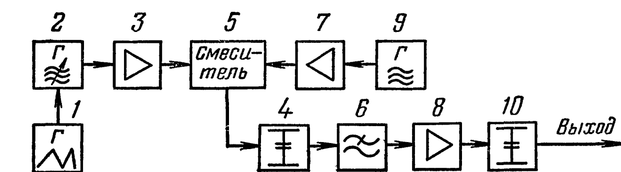


Рис. 6-18. Структурная схема низкочастотного ГКЧ.

звуковых частот) значительно снижена (период колебаний модулятора увеличен до 10 с). Выходное напряжение описываемого прибора можно плавно изменять от 0 до 5 В. Для питания генератора подойдет любой источник постоянного тока напряжением 9 В.

Структурная схема прибора показана на рис. 6-18. Скорость перестройки частоты задается модулятором *1*, управляющим частотой генератора *2*. Напряжение с выхода последнего через буферный усилитель *3* поступает на балансный смеситель *5*. На него же, через еще один буферный усилитель *7*, подается сигнал опорного генератора *9*. С выхода смесителя *5* сигнал переменной частоты поступает на вход усилителя *8*, компенсирующего ослабление, вносимое эмиттерным повторителем *4* и фильтром низших частот *6*. Для снижения выходного сопротивления и ослабления влияния исследуемого устройства на амплитудно-частотную характеристику прибора служит эмиттерный повторитель *10*.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 6-19. Генератор переменной частоты (*2* на рис. 6-18) выполнен по трехточечной схеме с индуктивной связью на транзисторе T_1, включенном по схеме с общей базой. Частотой генератора управляет стабилитрон $Д_3$, емкость перехода которого изменяется под действием напряжения пилообразной формы, вырабатываемого блокинг-генератором на транзисторе T_3. Расширение полосы девиации частоты (во втором диапазоне) осуществляется подключением с помощью выключателя $B_{1а}$ дополнительного конденсатора C_{25} параллельно основному конденсатору C_8, включенному последовательно со стабилитроном. Диодный двусторонний ограничитель $Д_1Д_2$ служит для стабилизации амплитуды напряжения, снимаемого с генератора.

Модулятор представляет собой обычный блокинг-генератор, выполненный на транзисторе T_3. Частота вырабатываемого им пилообразного напряжения выбрана небольшой (около 0,1 Гц), что достигнуто соответствующим подбором емкости конденсатора C_{11}. Заметим, что линейность напряжения на выходе модулятора при этом невысока, однако она вполне достаточна, чтобы с помощью прибора можно было оценить частотную характеристику исследуемого устройства с допустимой для любительских целей точностью.

Генератор опорной частоты (*9* на рис. 6-18) выполнен на транзисторе T_5 по такой же схеме, что и генератор переменной частоты. Частота генерируемых

Рис. 6-19. Принципиальная схема низкочастотного ГКЧ.

им колебаний изменяется при переходе с одного диапазона на другой в результате подключения подстроечного конденсатора C_{23} с помощью выключателя B_{16}. Стабилизация амплитуды колебаний осуществляется ограничителем на диодах $Д_7$ и $Д_8$.

Буферные усилители, через которые колебания генераторов поступают на балансный смеситель, выполненный на диодах $Д_4$ и $Д_5$, собраны на транзисторах T_2 и T_7. Выбор балансной схемы для смесителя обусловлен необходимостью максимально ослабить паразитные комбинационные частоты и обеспечить постоянство коэффициента передачи во всем диапазоне качания частоты. Переменное низкочастотное напряжение с выхода балансного смесителя через конденсатор C_{12} подается на эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе T_4. С его нагрузки — резистора R_{14} — сигнал поступает на фильтр нижних частот, состоящий из резисторов $R_{15}R_{16}$ и конденсаторов C_{13}, C_{14}, C_{15} (C_{26}), а с него — на вход двухкаскадного усилителя, выполненного на транзисторах T_6 и T_8. Выходное напряжение качающейся частоты снимается с движка переменного резистора R_{27}, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_8.

Детали и конструкция. Самодельными деталями прибора являются катушки контуров генераторов переменной и опорной частот и трансформаторы блокинг-генератора и буферных усилителей. Катушки L_1 и L_2 намотаны проводом ЛЭШО 3×0,06 на каркасах от фильтров ПЧ транзисторного радиоприемника «Сокол». Каждая из катушек содержит по 120 витков с отводом от 10-го витка (считая от вывода, соединенного с проводом питания). Магнитопроводом трансформаторов Tp_1 и Tp_3 служат ферритовые кольца М1000НН-3-К10×4×2. Первичные обмотки этих трансформаторов содержат по 87, а вторичные — по 29 витков провода ПЭЛШО 0,12 (у трансформатора Tp_1 с отводом от середины). Трансформатор Tp_2 намотан проводом ПЭЛШО 0,15 на таком же кольце, но из феррита 2000НМ. Каждая из его обмоток содержит 150 витков. Вместо самодельного можно использовать готовый импульсный трансформатор, например МИТ-3.

Качество работы прибора во многом зависит от тщательности изготовления трансформаторов Tp_1 и Tp_3. Первичные и вторичные обмотки этих трансформаторов необходимо наматывать на противоположных участках колец. Кроме того, вторичную обмотку трансформатора Tp_1 следует наматывать одновременно двумя проводами, чтобы уменьшить асимметрию ее половин, вредно влияющую на работу балансного смесителя. С этой же целью конденсаторы C_9 и C_{10} надо подобрать с минимальным ТКЕ и отклонением емкости от номинала не более ±5%. В качестве выключателя B_1 (переключателя диапазонов) можно использовать движковый переключатель от приемника «Сокол».

Налаживание генератора качающейся частоты начинают, как обычно, с проверки режимов работы транзисторов по постоянному току. Напряжение на коллекторе транзистора T_6 должно быть около 4,9 В, на коллекторах остальных — примерно 7,8 В, между базами и эмиттерами транзисторов T_1, T_2, T_5, T_7 — 0,25 В; T_4, T_8 — 0,17 В; T_6 — 0,15 В. При необходимости режимы корректируют подбором резисторов в цепях баз транзисторов.

Следующий этап — проверка работы блокинг-генератора. Для этого параллельно конденсатору C_{11} подключают вход усилителя вертикального отклонения осциллографа, и, изменяя сопротивление подстроечного резистора R_{12}, добиваются необходимой частоты повторения импульсов. При нормальной работе этого каскада напряжение на конденсаторе должно изменяться почти по линейному закону с периодом около 10 с.

После этого блокинг-генератор выключают (разорвав, например, цепь его питания), а вход усилителя вертикального отклонения осциллографа поочередно подключают к базам транзисторов T_2 и T_7, проверяя наличие высокочастотных колебаний генераторов переменной и опорной частоты. Генераторы подобного типа, как правило, начинают работать сразу, но не исключено что для самовозбуждения придется подобрать резисторы R_1, R_6 в одном и R_{20}, R_{25} в другом.

При наличии генерации определяют частоту колебаний опорного генератора (по осциллограмме определяют длительность периода, а затем рассчитывают частоту). Она должна быть не менее 450 кГц. Генератор настраивают на эту частоту, подбирая емкость конденсатора C_{17}. После этого переключатель диапазонов B_1 устанавливают в положение «20», а вторичные обмотки трансформаторов Tp_1 и Tp_3 подключают ко входам соответственно усилителей вертикального и горизонтального отклонения осциллографа. Перестраивая генератор переменной частоты изменением индуктивности катушки L_1, добиваются появления на экране окружности, линии или эллипса, что свидетельствует о равенстве частот обоих генераторов. Во втором диапазоне (переключатель в положении «100») перестраивают генератор опорной частоты, изменяя емкость подстроечного конденсатора C_{23} до получения одной из тех же фигур Лиссажу. Настроив генераторы, переходят к налаживанию буферных усилителей. Эта операция сводится к подбору резисторов R_3, R_5 и R_{28}, R_{30} до получения на вторичных обмотках трансформаторов Tp_1 и Tp_3 сигналов напряжением не менее 1,2 В. Балансный смеситель на диодах $Д_4$ и $Д_5$ налаживают с помощью подстроечного резистора R_9. Перемещая его движок, добиваются минимума высокочастотных (т. е. выше 100 кГц) колебаний, что нетрудно определить по осциллографу, подключив его к точке соединения конденсаторов C_9, C_{10} и общему проводу прибора.

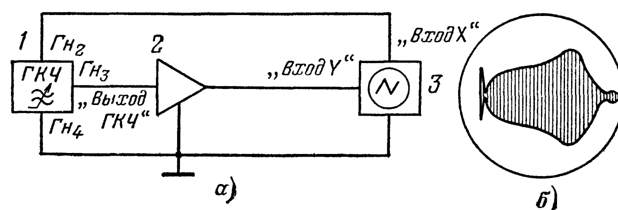


Рис. 6-20. Схема соединений ГКЧ при наблюдении частотных характеристик усилителей НЧ (*а*) и вид характеристики на экране осциллографа (*б*).

После этого восстанавливают цепь питания блокинг-генератора, вход усилителя горизонтального отклонения осциллографа соединяют с соответствующим гнездом генератора качающейся частоты, а вход усилителя вертикального отклонения — с выходом балансного смесителя, отключив его предварительно от конденсатора C_{12}. При этом на экране осциллографа появится перемещающаяся слева направо вертикальная линия, верхний конец которой описывает кривую, соответствующую частотной характеристике балансного смесителя. Подбирая конденсаторы C_9 и C_{10}, добиваются того, чтобы ее неравномерность не превышала 3 дБ.

Далее налаживают эмиттерный повторитель на транзисторе T_4. Для этого соединяют (через конденсатор C_{12}) выход балансного смесителя с базой транзистора T_4, отключают резистор R_{15}, а сигнал с эмиттера транзистора подают на вход осциллографа. Подбирая резистор R_{11}, добиваются максимального коэффициента передачи каскада. Затем восстанавливают цепь соединения фильтра нижних частот с эмиттером транзистора T_4, но отключают конденсаторы C_{15} и C_{26}. Осциллограф подключают к точке соединения резисто-

ра R_{16} и конденсатора C_{14}. Подбирая конденсаторы C_{13} и C_{14}, корректируют частотную характеристику фильтра так, чтобы частота среза стала равной 105—110 кГц. Добившись этого, восстанавливают соединение фильтра с усилителем на транзисторах T_6 и T_8, а осциллограф подключают к коллектору транзистора T_6. Частотную характеристику этого каскада в первом диапазоне (переключатель B_1 в положении, показанном на схеме) корректируют подбором конденсатора C_{20}, во втором (переключатель в положении «100») — подбором конденсатора C_{26}. Частотную характеристику прибора в целом проверяют, подключив осциллограф к гнездам «*Выход ГКЧ*». Неравномерность характеристики в обоих диапазонах не должна превышать 3 дБ.

Калибруют прибор с помощью генератора сигналов звуковой и ультразвуковой частоты методом нулевых биений. Для этого на вход усилителя вертикального отклонения осциллографа через конденсаторы малой емкости одновременно подают сигналы от звукового генератора и налаживаемого прибора. В моменты совпадения частот на экране осциллографа будут видны ярко выраженные провалы на частотной характеристике, по которым затем можно изготовить прозрачные шкалы — сетки с делениями.

При работе с генератором качающейся частоты гнездо $Гн_2$ соединяют со входом усилителя горизонтального отклонения осциллографа, $Гн_3$ — со входом исследуемого усилителя (или иного низкочастотного устройства), а выход последнего — со входом усилителя вертикального отклонения, как показано на рис. 6-20, *а* (здесь *1* — ГКЧ, *2* — исследуемый усилитель, *3* — осциллограф). При этом на экране осциллографа появится изображение (рис. 6-20, *б*), огибающая которого соответствует амплитудно-частотной характеристике усилителя. Если осциллограф не имеет входа «*X*», то его необходимо переключить в режим ждущей развертки, соединить ее вход с гнездом $Гн_1$ и с помощью резистора R_{12} подобрать период пилообразного напряжения в соответствии с длительностью развертки луча осциллографа.

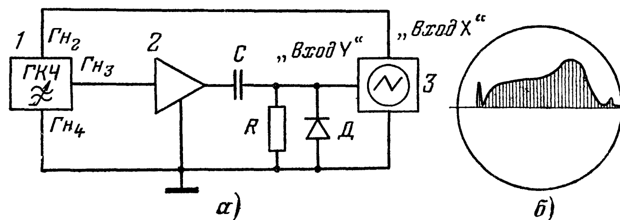


Рис. 6-21. Схема соединений ГКЧ при использовании одностороннего ограничителя (*а*) и вид характеристики на экране осциллографа (*б*).

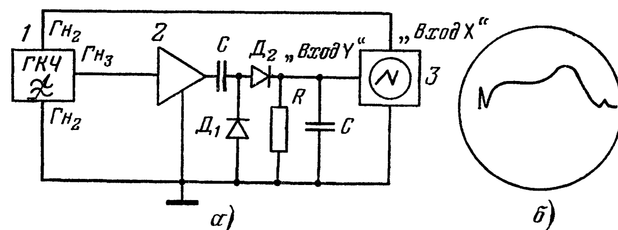


Рис. 6-22. Схема соединений ГКЧ при использовании выпрямителя по схеме удвоения (*а*) и вид характеристики на экране осциллографа (*б*).

Для удобства наблюдения частотных характеристик сигнал с выхода исследуемого устройства можно подавать на усилитель вертикального отклонения не непосредственно, а через односторонний ограничитель (рис. 6-21) или выпрямитель, выполненный по схеме удвоения напряжения (рис. 6-22).

В заключение следует отметить, что параметры описанного ГКЧ можно существенно улучшить, применив вместо пассивного фильтра нижних частот активный.

Генератор качающейся частоты

Настройка современного электронного устройства, будь то передатчик, телевизор или радиоприемник, значительно упрощается, если применить генератор качающейся частоты (ГКЧ). Существует много различных конструкций таких генераторов как промышленного изготовления, так и самодельных. Вниманию радиолюбителей предлагается один из вариантов ГКЧ приставки к осциллографу. С помощью описываемого генератора на экране осциллографа можно не только увидеть амплитудно-частотную характеристику контура, но и придать ей нужную форму, т. е. настроить одиночный контур или систему контуров.

Предлагаемый вниманию читателей ГКЧ, схема и конструкция которого разработана Б. Кондратьевым, собран на транзисторах. Его рабочий диапазон выбран таким (0,15—100 МГц), чтобы можно было настраивать наиболее распространенную в любительской практике аппаратуру, включая и телевизоры. Девиация частоты в ГКЧ равна 10 МГц, метки получаются через 1 МГц. Он достаточно малогабаритен и имеет аттенюатор с глубокой плавной регулировкой выходного напряжения 60 дБ. Для удобства пользования в ГКЧ входит генератор частотных меток, расположенных через 1 МГц, с выделением каждой десятой метки. На нагрузке 75 Ом в рабочем диапазоне частот обеспечивается напряжение 0,3 В. Чувствительность по входу подвижной метки 5 мВ, необходимая частота развертки осциллографа 50 Гц. Пилообразное напряжение, обеспечивающее синхронное качание опорной частоты, снимается с генератора развертки осциллографа. Принципиальная схема генератора изображена на рис. 6-23. Он состоит из следующих узлов: задающего генератора, собранного на транзисторах T_1, $T_{13}T_{14}$ и диоде $Д_7$; усилителя высокочастотного сигнала (транзисторы T_{15} — T_{18}); триггера со счетным входом (T_2, T_3), кварцевого калибратора, выполненного на транзисторах T_4 — T_7; смесителя меток на диоде $Д_8$ и усилителя меток, собранного на транзисторах T_8 — T_{11}.

В целях получения значительного перекрытия по частоте, задающий генератор содержит два автогенератора, сигналы которых смешиваются диодом $Д_7$. Частота колебаний, вырабатываемых генератором на транзисторе T_{13}, изменяется под воздействием пилообразного напряжения, подаваемого на варикапы $Д_5$ и $Д_6$, входящие в контур первого генератора. Варикапы подключены к контуру L_4 C_{29} через конденсатор C_{28}. Среднее значение частоты этого генератора 150 МГц. Частоту второго генератора, собранного на транзистор T_{14}, плавно перестраивают в пределах от 150 до 250 МГц посредством конденсатора переменной емкости C_{33}.

С выхода горизонтальной развертки осциллографа снимается пилообразное напряжение частотой 50 Гц и размахом около 17 В. Это напряжение поступает с зажима «Вход пилы» через резистор R_1

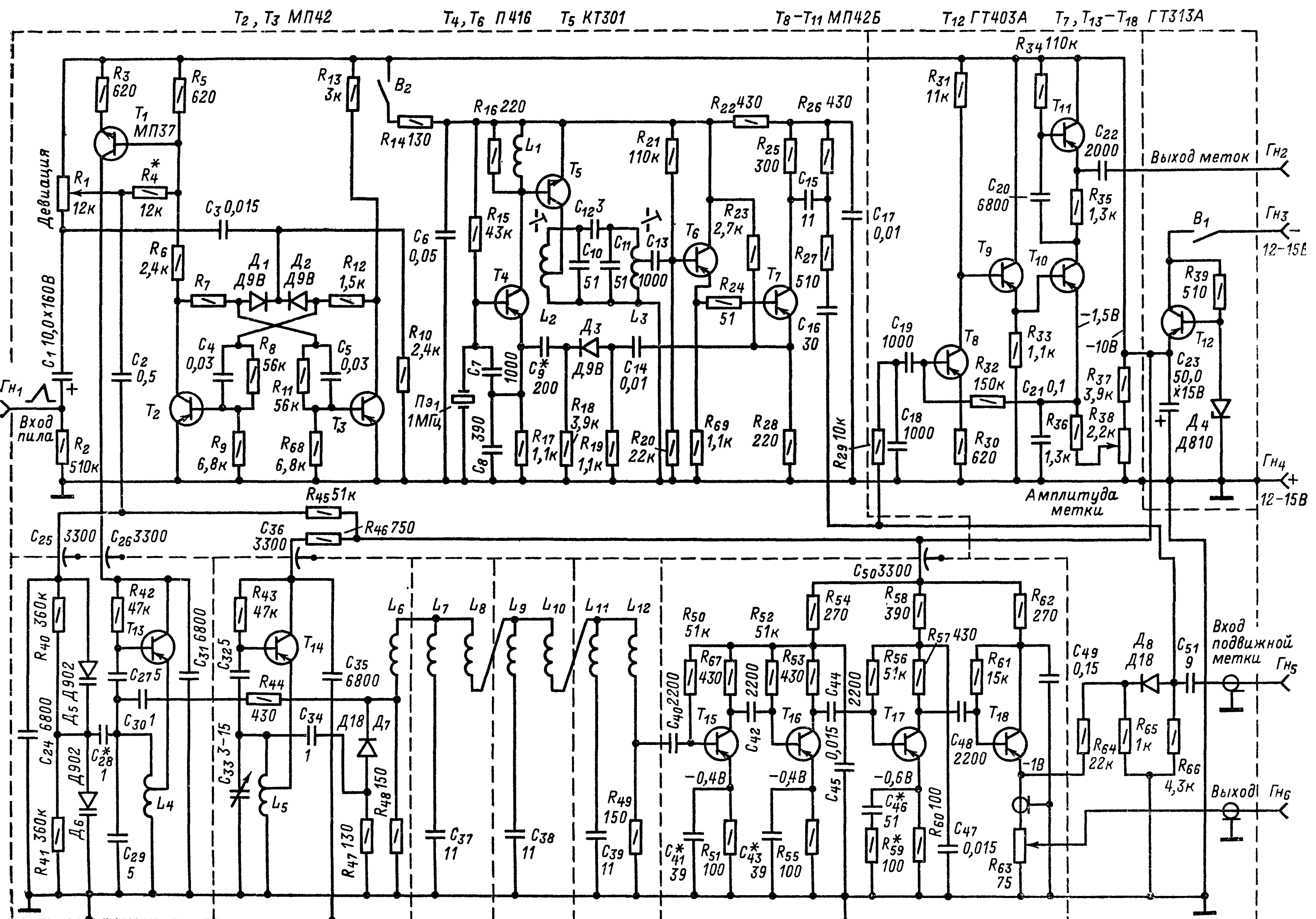


Рис. 6-23. Принципиальная схема генератора качающейся частоты.

и конденсаторы C_1 и C_2 на варикапы $Д_5$, $Д_6$, причем для обеспечения линейного изменения напряжения ГКЧ используется линейный участок пилообразного напряжения.

Транзисторы T_2 и T_3 образуют триггер со счетным входом, который срабатывает от импульсов, поступающих через конденсатор C_3 во время обратного хода пилообразного напряжения. Этот триггер периодически закрывает и открывает транзистор T_1, через который питается высокочастотный генератор (транзистор T_{13}). Такой способ питания генератора обеспечивает получение прерывистой генерации, и на выходе ГКЧ периодически отсутствует высокочастотное напряжение. В результате на экране осциллографа появляется нулевая линия (ось частот) В целях компенсации паразитной амплитудной модуляции, обычно сопутствующей ЧМ при изменении пилообразного напряжения, напряжение питания высокочастотного генератора должно изменяться по тому же закону, что и напряжение модуляции. Получают это, подавая на базу транзистора T_1 пилообразное напряжение с резистора R_1 через резистор R_4.

Сигнал разностной частоты с выхода смесителя на диоде $Д_7$ подается на фильтр $L_6 — L_{12}$ $C_{37} — C_{39}$, пропускающий сигналы с частотой от 0 до 110 МГц. Затем сигнал разностной частоты усиливается (транзисторы $T_{15} — T_{18}$) усилителем, собранным по обычной схеме, однако элементы его выбраны таким образом, чтобы была обеспечена достаточная широкополосность. Рабочий диапазон частот усилителя 100 МГц. С эмиттерного повторителя, установленного на выходе усилителя через простейший аттенюатор (резистор R_{63}) сигнал поступает на выход ГКЧ.

Кварцевый генератор частотой 1 МГц собран по схеме с емкостной обратной связью на транзисторе T_4. Импульсы коллекторного тока этого генератора дифференцируются цепочкой L_1R_{16}. Продифференцированные импульсы подаются на базу транзистора T_5 и открывают его. В коллекторной цепи этого транзистора образуются импульсы треугольной формы длительностью 0,1 мкс, содержащие много гармоник. Фильтр L_2 $C_{10}—C_{12}$ выделяет десятую гармонику частоты 1 МГц, амплитуда которой на выходе фильтра достаточно велика (около 0,5 В). Через конденсатор C_{13} напряжение с частотой 10 МГц поступает на базу транзистора T_6 — эмиттерного повторителя, служащего для согласования выходного сопротивления фильтра со входом следующего каскада.

С выхода эмиттерного повторителя высокочастотное напряжение подается на базу транзистора T_7. Режим этого транзистора выбран таким, что его коллекторный ток имеет вид импульсов с углом отсечки около 20° С. Такие импульсы также содержат много гармоник, но теперь уже напряжения с частотой 10 МГц. На эмиттер транзистора T_7 через конденсатор C_{14} поступают импульсы напряжения частотой 1 МГц. Эти импульсы получаются в результате выпрямления напряжения, подаваемого с эмиттера транзистора T_4 на выпрямитель ($Д_3$, C_9, R_{18}, R_{19}). При поступлении каждого импульса на эмиттер транзистора T_7, он почти закрывается и в результате на нагрузочном резисторе R_{25} уменьшается амплитуда каждого десятого импульса с частотой 10 МГц. Этот сигнал с коллектора транзистора T_7 через корректирующую цепь C_{15}, R_{26}, R_{27}, C_{16} поступает на смеситель меток, в качестве которого используется диод $Д_8$. На этот же смеситель через резистор R_{64} подается напряжение с выхода ГКЧ. К выходу смесителя подключен фильтр нижних частот R_{29}, C_{18}, не пропускающий частоты выше 25 кГц. В те моменты, когда изменяющаяся частота генератора отличается менее чем на 25 кГц от одной из частот кварцевого калибратора, на выходе фильтра выделяются колебания, которые усиливаются каскадами на транзисторах $T_8 — T_{11}$ и подаются на гнездо «Выход меток». Эти колебания создают метку на экране осциллографа. Для получения подвижной метки напряжение от внешнего генератора подают на гнездо «Вход подвижной метки».

Генератор выполнен на шасси из стали толщиной 1,5—2 мм. Размеры шасси 220×75×35 мм. Передняя панель изготовлена из дюралюминия толщиной 2 мм.

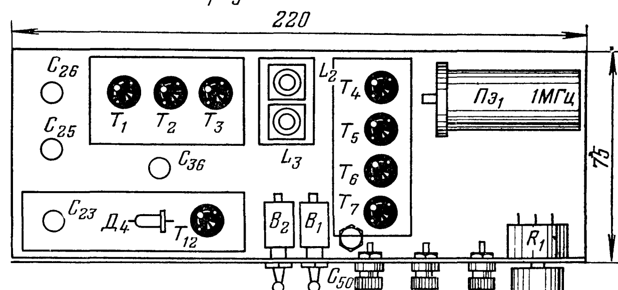


Рис. 6-24. Расположение деталей на шасси генератора (вид сверху).

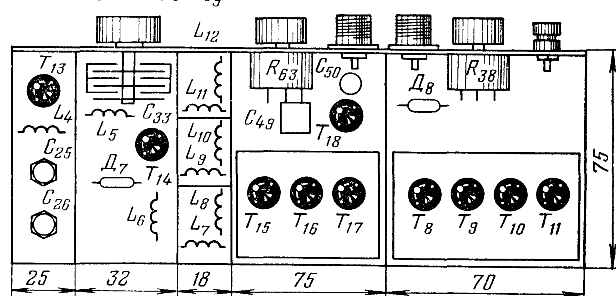


Рис. 6-25. Расположение деталей на шасси генератора (вид снизу).

Ее размеры 220×90 мм. Расположение деталей условно показано на рис. 6-24 и 6-25. Подвал шасси разделен на отсеки перегородками из листовой стали толщиной 1 мм. Отсеки автогенераторов на транзисторах T_{13} и T_{14} и фильтра $L_6 — L_{12}$ $C_{37} — C_{39}$ закрыты снизу стальным днищем. Корпус должен быть обязательно металлическим, обеспечивающим дополнительную экранировку.

Катушки фильтров $L_6—L_{12}$ расположены по две в отведенных для них отсеках, причем оси катушек в каждом отсеке должны быть взаимно перпендикулярны. Намоточные данные катушек приведены в табл. 6-3. Число витков катушек $L_2—L_5$ до отвода (считая от вывода, соединенного с общим проводом) равно 5; 6: 3,5; 1,5 соответственно. Катушки L_4 и L_5 — бескаркасные, первая из них имеет внутренний диаметр 9 и длину 12 мм, а вторая — внутренний диаметр 8 и длину 5 мм. Катушка L_1 намотана на резисторе R_{16} (МЛТ-0,25) внавал, катушки $L_6—L_{12}$ на резисторах ВС-0,25 виток к витку. Сопротивление резисторов должно быть не менее 0,5 МОм.

Каркасы катушек L_2 и L_3 изготовляют из органического стекла согласно размерам, приведенным на рис. 6-26, *в*. Сердечники СЦР-1, намотка виток к витку. При конструировании генератора особое внимание следует уделить изготовлению аттенюатора R_{63}. Его основным элементом является подковообразная гетинаксовая плата от промышленного резистора СП-2 сопротивлением 1 кОм с нанесенным на ней графитовым слоем. На полосу графитового слоя шириной 1 мм,

Таблица 6-3

Обозначение по схеме	Индуктивность, мкГ	Число витков	Провод
L_1	2,5	40	ПЭВ-2 0,19
L_2	5,0	18	ПЭВ-2 0,19
L_3	5,0	18	ПЭВ-2 0,19
L_4	0,14	5	ПЭВ-2 1,5
L_5	0,06	2,5	ПЭВ-2 0,8
L_6	0,13	8	ПЭВ-2 0,8
L_7	0,11	7	ПЭВ-2 0,8
L_8	0,26	11	ПЭВ-2 0,8
L_9	0,11	7	ПЭВ-2 0,8
L_{10}	0,26	11	ПЭВ-2 0,8
L_{11}	0,11	7	ПЭВ-2 0,8
L_{12}	0,13	8	ПЭВ-2 0,8

расположенную по внутреннему краю пластины, накладывают шайбу или наносят металлизированный слой таким образом, чтобы с одной стороны шайба (или слой) имела контакт с металлизированным выводом резистивной пластины, соединяемым с шасси. С другой стороны шайба (или металлизированный слой) должен иметь разрыв такой ширины до второго вывода резистивной пластины, чтобы между ними было сопротивление 75 Ом. Расстояние от щетки движка до этой полосы пластины такое, что при вращении движка сопротивление между ними также равно 75 Ом. Вход и выход аттенюатора тщательно экранируют друг от друга и от внешних цепей, располагая подковообразную пластину в экранирующем отсеке. С выходом генератора и эмиттером транзистора T_{18} аттенюатор соединяют отрезками коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Распайка оплетки отрезков должна осуществляться по всей окружности кабеля. Диапазон регулировки выходного сигнала при тщательном изготовлении аттенюатора доходит до 60 дБ. Для удобства работы с генератором можно изготовить два соединительных кабеля с высокочастотными штепсельными резъемами на одном конце и детекторной и нагрузочной головками — на другом. Схемы головок помещены на рис. 6-27.

Осциллограф, используемый совместно с приставкой ГКЧ, должен иметь небольшую нижнюю граничную частоту полосы пропускания усилителя вертикального отклонения. Критерием пригодности осциллографа служит незначительность искажения прямоугольного импульса длительностью 20 мс. Кроме того, осциллограф должен иметь второй вход усилителя вертикального отклонения с чувствительностью не хуже 0,2 В/см и выход пилообразного напряжения развертки с размахом не ниже 17 В. Можно использовать стандартные осциллографы (С1-19, С1-1, С1-5), вмонтировав в них дополнительные гнезда «Выход пилы» и «Вход меток». В осциллографе С1-19 гнездо «Выход пилы»

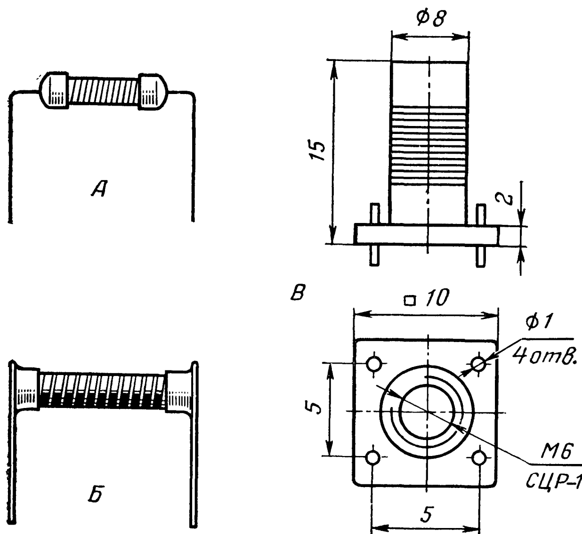


Рис. 6-26. Чертежи намоточных деталей генератора.

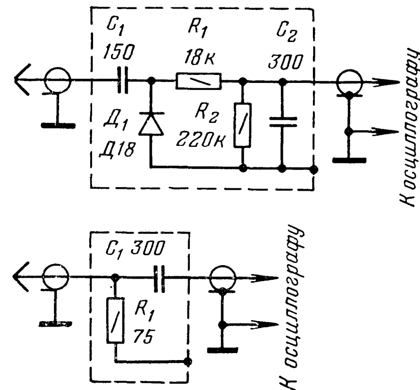


Рис. 6-27. Схемы головок соединительного кабеля.

необходимо соединить через конденсатор 10 мкФ×250 В и резистор сопротивлением 18 кОм с десятым лепестком панели электронно-лучевой трубки. Гнездо «Выход метки» следует соединить через резистор 20 кОм с первым лепестком ламповой панели лампы $Л_2$ блока усиления осциллографа. В осциллографе С1-1 гнездо «Выход пилы» через разделительный конденсатор емкостью 0,33 мкФ на напряжение 400 В и резистор сопротивлением 8,2 кОм следует подключить к резистору R_{60} в месте его соединения с корректирующим дросселем. Гнездо «Вход меток» через резистор 5,1 кОм соединяют со вторым лепестком ламповой панели лампы $Л_2$. Если используется осциллограф С1-5, то гнездо «Выход пилы» через разделительный конденсатор 10 мкФ×400 В и резистор сопротивлением 18 кОм соединяют с выводом анода лампы $Л_9$. Гнездо «Вход меток» следует подключить к выводу управляющей сетки лампы $Л_2$, установив между этим выводом и подключенным к нему проводом от предыдущего каскада резистор сопротивлением 300 Ом. Кроме того, необходимо расширить полосу пропускания усилителя вертикального отклонения в области низших частот. Для этого разделительные конденсаторы C_1, C_6, C_8, C_{12} заменяют конденсаторами МБМ емкостью 1,0 мкФ на напряжение не ниже 500 В.

После изготовления приставки — ГКЧ и доработки осциллографа необходимо произвести налаживание всей системы в сборе. Налаживание ГКЧ начинают с автогенераторов на транзисторах T_{13} и T_{14} Изменяя индуктивность катушки L_4, устанавливают частоту автогенератора на транзисторе T_{13} близкой к 150 МГц. Затем, изменяя напряжение на варикапах $Д_5$ и $Д_6$ от 2 до 18 В, подбором конденсатора C_{28} добиваются изменения частоты этого автогенератора на 10 МГц. Если сделать это не удается из-за срыва колебаний автогенераторов, необходимо подобрать отвод у катушки L_4. Аналогично настраивают автогенератор на транзисторе T_{14}. Крайние частоты этого автогенератора при изменении емкости конденсатора C_{33} должны быть

150 и 250 МГц. Амплитуда колебаний в этом диапазоне частот не должна сильно изменяться.

Далее приступают к настройке усилителя на транзисторах T_{15}—T_{18} путем подбора конденсаторов C_{41}, C_{43}, C_{46} и резистора R_{59} так, чтобы получить уровень сигнала на выходе усилителя в диапазоне частот 60—100 МГц примерно одинаковым с уровнем в диапазоне 1—10 МГц. Разница уровней не должна быть более 5—7 дБ. Затем, подбирая сопротивление резистора R_4, компенсируют паразитную амплитудную модуляцию автогенератора на транзисторе T_{13}. При налаживании кварцевого калибратора сначала настраивают фильтр L_2 L_3 C_{10}—C_{12} на частоту 10 МГц и подбирают элементы ячейки L_1R_{16} до получения на эмиттере транзистора T_6 сигнала амплитудой 0,6—0,7 В. Точную наладку кварцевого калибратора производят по меткам, наблюдаемым на экране осциллографа. Подстраивая фильтр L_2 L_3 C_{10}—C_{12}, стремятся получить максимальную амплитуду метки частоты 100 МГц (предварительно отключив конденсатор C_{14}). Одинаковой амплитуды меток 1 МГц в диапазоне 60—100 МГц добиваются изменением в небольших пределах емкости конденсатора C_9.

Малогабаритный осциллограф

Лампово-полупроводниковый осциллограф, разработанный львовским радиолюбителем В. Тарасовым, предназначен для визуального наблюдения электрических сигналов в непрерывном и ждущем режимах. В нем применены две электронные лампы сверхминиатюрной серии Б, 29 транзисторов и электронно-лучевая трубка 5ЛО38М.

Основные параметры прибора следующие: максимальная чувствительность усилителей вертикального и горизонтального отклонения луча (они собраны по одной и той же схеме) 0,25 мм/мВ, полоса пропускания на уровне—3 дБ от 0 до 500 кГц, входное сопротивление 1 МОм. Ступенчатые делители входных напряжений позволяют ослабить исследуемые сигналы в 10, 100 и 1000 раз (на 20, 40 и 60 дБ соответственно). Диапазон частот развертки от 3 Гц до 33 кГц разбит на четыре поддиапазона: 3—33; 33—330; 330—3300 Гц и 3,3—33 кГц. Осциллограф снабжен калибратором амплитуды, благодаря чему им можно измерять напряжения с точностью до 10%. Наличие усилителей в обоих каналах позволяет, кроме того, измерять частоту (методом фигур Лиссажу) слабых электрических колебаний. Питается прибор от сети переменного тока напряжением 220 В, потребляя мощность не более 20 В·А. Размеры осциллографа 110×180×320 мм, масса — около 4,9 кг.

Принципиальная схема одного из усилителей (в данном случае вертикального) отклонения луча приведена на рис. 6-28. Как видно из схемы, он представляет собой балансный усилитель, в первом каскаде которого применены катодные повторители, выполненные на двойном триоде $Л_1$. Потенциал сетки правого (по схеме) триода фиксирован, на сетку левого триода подается исследуемый сигнал с частотно-компенсированного делителя входного напряжения (он не имеет каких-либо особенностей, поэтому его схема не приводится). Балансируют усилитель изменением напряжения на сетке правого триода с помощью подстроечного резистора R_{19}.

С нагрузок катодных повторителей — резисторов R_4 и R_{14} — исследуемый сигнал поступает на базы транзисторов T_1 и T_2, работающих во втором каскаде усилителя. Усиление этого каскада регулируется переменным резистором R_{12}, изменяющим глубину отрицательной обратной связи, охватывающей каскад по постоянному и переменному току. Нагрузкой транзисторов T_1 и T_2 служат постоянные резисторы R_6, R_{10} и переменный резистор R_9, с помощью которого электронный луч на экране трубки можно смещать в вертикальном направлении.

С коллекторов транзисторов T_1и T_2 усиленный сигнал подается на базы транзисторов T_3 и T_4, а с их нагрузок — резисторов R_{24} и R_{25} — на оконечный каскад, каждое плечо которого собрано на двух, включенных последовательно, однотипных транзисторах T_5, T_6 и T_7, T_8. Такое включение позволило, используя сравнительно низковольтные транзисторы (предельно допустимое напряжение между коллектором и эмиттером транзистора П307 составляет всего 80 В), получить выходное напряжение, достаточное для отклонения луча на всю рабочую часть экрана трубки.

Для повышения температурной стабильности работы каждое плечо каскада на транзисторах T_3, T_4 охвачено отрицательной обратной связью по напряжению, которая создается за счет подключения резисторов цепей смещения (R_{23} и R_{26}) к коллекторам этих транзисторов. Аналогичным способом подано смещение и на базы транзисторов T_6, T_8 оконечного каскада. Здесь имеется еще одна цепь отрицательной обратной связи (через резистор R_{29}), с помощью которой устанавливается соответствующий максимальной чувствительности коэффициент усиления всего тракта, равный 1000. С коллекторных нагрузок транзисторов оконечного каскада — резисторов R_{33} и R_{34} усиленные противофазные сигналы подаются на пластины вертикального отклонения трубки. Напряжение для синхронизации генератора развертки снимается с движка переменного резистора R_{36}.

При необходимости полосу пропускания усилителя можно расширить, заменив транзисторы П307 транзисторами с более высокой граничной частотой и включив последовательно с нагрузочными резисторами R_{33} и R_{34} корректирующие дроссели индуктивностью 10—30 мкГ. Если же в распоряжении радиолюбителя окажутся высокочастотные транзисторы и с высоким предельно допустимым напряжением коллектор-база (например, КТ604А, КТ604Б), оконечный каскад можно выполнить всего на двух транзисторах (в этом случае исключаются транзисторы T_6, T_8).

Усилитель горизонтального отклонения луча, как уже говорилось, собран по такой же схеме, как и только что описанный. Отличие состоит лишь в том, что в нем отсутствует цепочка резисторов R_{35}—R_{37}.

Генератор развертки (рис. 6-29) состоит из формирователя импульсов запуска, триггера, электронного ключа, генератора напряжения пилообразной формы и мультивибратора, вырабатывающего импульсы, которые возвращают триггер в исходное состояние. Формирователь импульсов запуска собран на транзисторах T_1—T_3 и туннельном диоде $Д_2$. В зависимости от положения переключателя $В_1$ на вход формирователя подается либо исследуемое напряжение (с движка резистора R_{36} в оконечном каскаде усилителя вертикального отклонения), либо переменное напряжение 6,3 В от накальной обмотки трансформатора питания.

Режим работы транзисторов T_1 и T_2 по постоянному току подобран так, что в отсутствие сигнала первый из них открыт, а второй — закрыт (падение напряжения на резисторе R_4, создаваемое током эмиттера транзистора T_1, превышает напряжение, снимаемое на базу транзистора T_2 с движка резистора R_7). При этом напряжение на туннельном диоде $Д_2$ настолько мало, что транзистор T_3 формирователя также закрыт. Когда же на базу транзистора T_1 подано переменное напряжение синхронизации, транзистор T_2 открывается, и как только его коллекторный ток станет равным току включения туннельного диода, напряжение на последнем резко возрастает и открывает-

ся транзистор T_3. Скачкообразный перепад напряжения на его коллекторе через дифференцирующую цепочку C_3R_{12} подается на электронный ключ, собранный на транзисторе T_4. Работой этого каскада управляют два устройства: триггер, выполненный на транзисторах T_5, T_6, и ждущий мультивибратор на транзисторах

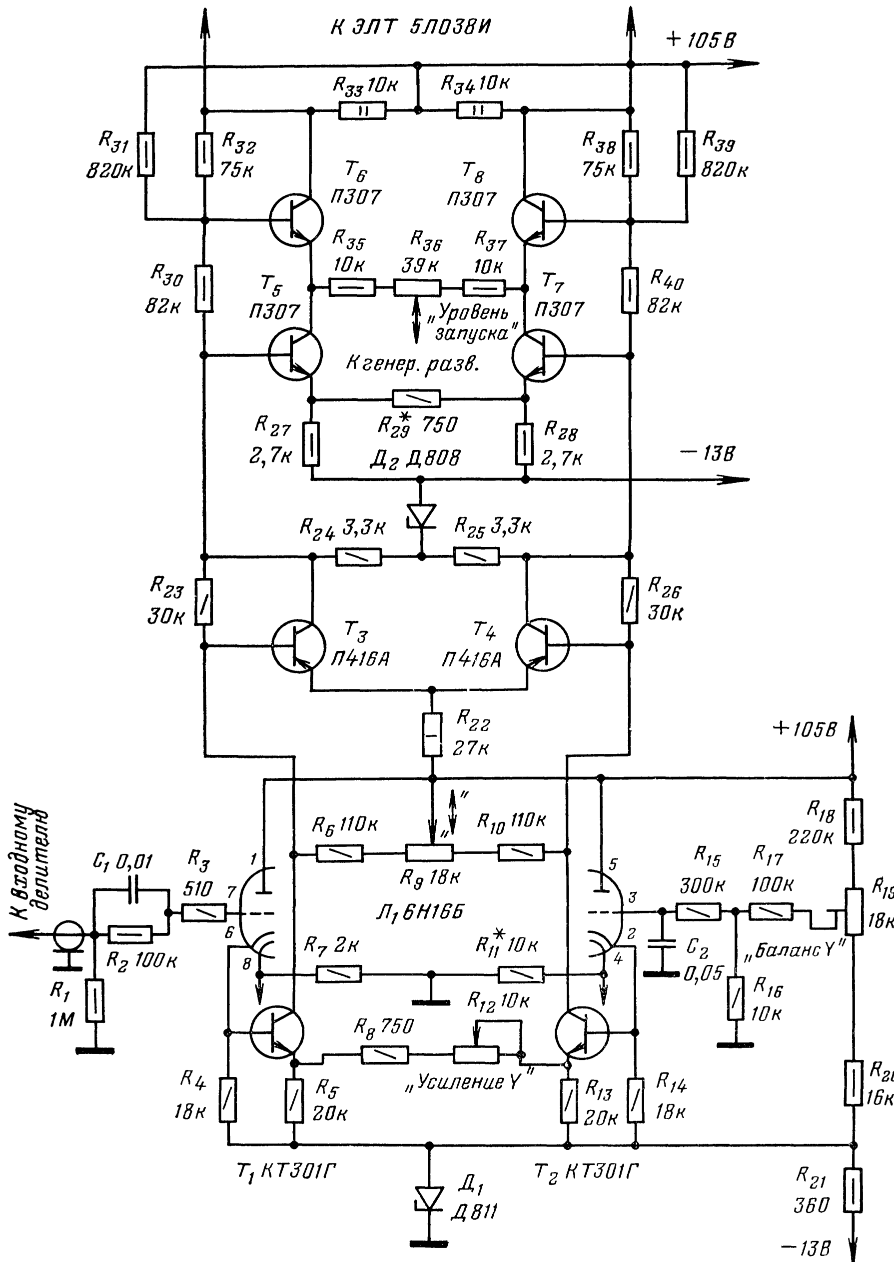


Рис. 6-28. Принципиальная схема усилителя вертикального отклонения луча.

T_{11}, T_{12}. В моменты, когда транзисторы T_6 и T_{11} открыты и насыщены, напряжения на их коллекторах очень малы, поэтому транзистор T_4 закрыт положительным напряжением, поданным на его базу через резистор R_{13}. В результате скачкообразный перепад напряжения с коллектора транзистора T_3 через конденсаторы C_3 и C_4 проходит на вход триггера и переводит его в состояние, при котором транзистор T_5 открыт, а T_6 — закрыт. Резкое увеличение напряжения на коллекторе последнего транзистора приводит к тому, что диод $Д_4$, включенный между ним и базовой цепью транзистора T_4, открывается. В результате напряжение смещения на базе транзистора T_4 меняет знак и он также открывается, шунтируя выход формирователя импульсов. Иначе говоря, триггер остается в измененном состоянии все время, пока транзистор T_4 открыт.

Одновременно с закрыванием транзистора T_6 закрывается и диод $Д_6$, соединяющий коллектор этого транзистора с коллекторной цепью транзистора T_7. Это приводит к тому, что один из конденсаторов C_8 — C_{11}, подключенный в данный момент к коллектору транзистора T_7, начинает заряжаться через его участок эмиттер-коллектор и резистор R_{26}. Зарядный ток, а следовательно, и скорость нарастания напряжения на конденсаторе зависят от напряжения смещения на базе транзистора T_7 и регулируются переменным резистором R_{24}. Грубое изменение частоты развертки осуществляется переключателем $B_{2а}$.

Напряжение пилообразной формы с коллектора транзистора T_7 подается на базу транзистора T_8, включенного по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель). С части нагрузки этого каскада (резистора R_{27}) напряжение развертки поступает на входы усилителя горизонтального отклонения луча и устройства, ограничивающего напряжение на определенном уровне. Последнее выполнено на транзисторе T_9 и туннельном диоде $Д_7$. В начальный момент формирования пилообразного напряжения транзистор T_9 закрыт, так как напряжение на его базе менее отрицательно, чем на эмиттере (последний подключен к делителю напряжения $R_{29}R_{30}$). Когда же напряжение на базе станет на 0,1—0,2 В больше, чем на эмиттере (по абсолютному значению), транзистор открывается и при токе около 2 мА включает туннельный диод $Д_7$, что сопровождается скачкообразным увеличением напряжения на нем. В результате открывается ранее закрытый транзистор T_{10}. Отрицательный перепад напряжения на его коллекторе через дифференцирующую цепочку $C_{12}R_{33}$ подается на вход ждущего мультивибратора и он переходит в состояние, при котором транзистор T_{11} закрыт, а T_{12} — открыт. Импульс мультивибратора с коллектора транзистора T_{11} поступает на базу закрытого тран-

Рис. 6-29. Принципиальная схема генератора развертки.

Рис. 6-30. Вид на монтаж осциллографа слева.

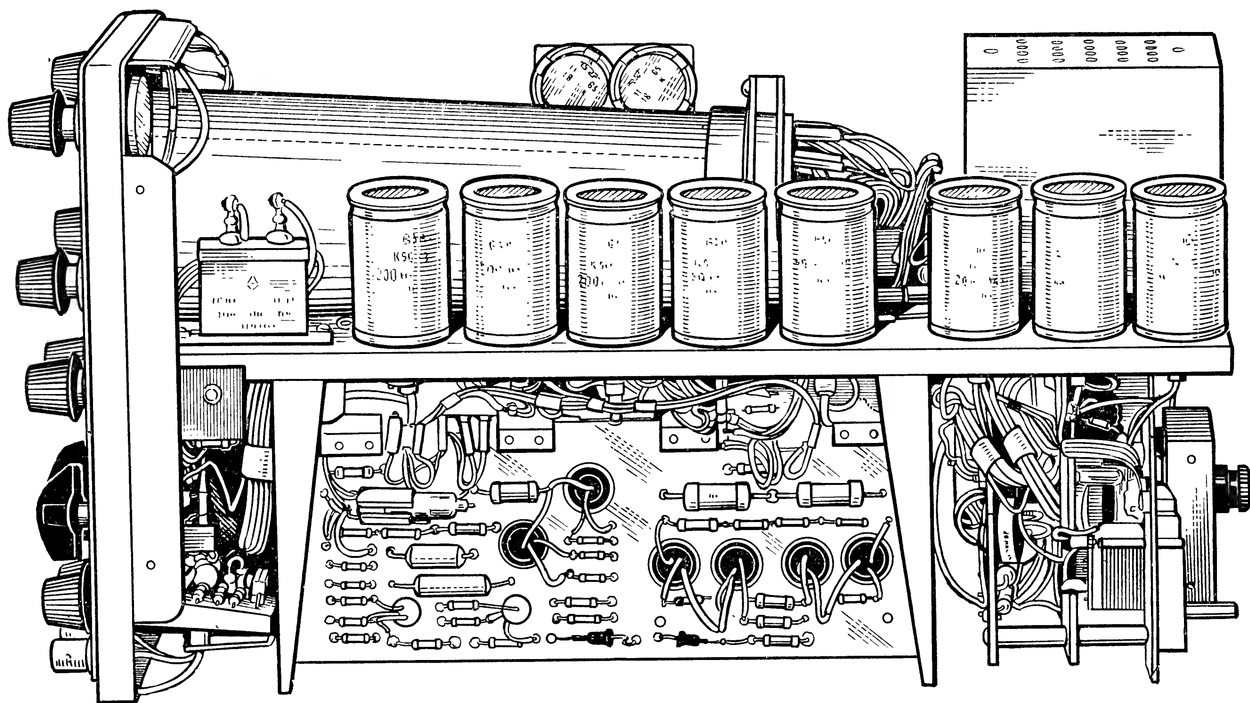


Рис. 6-31. Вид на монтаж осциллографа справа.

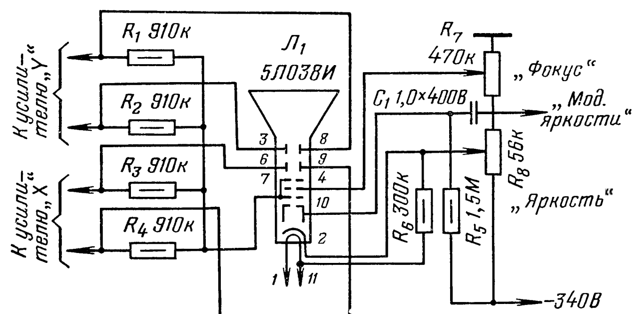


Рис. 6-33. Принципиальная схема узла электронно-лучевой трубки.

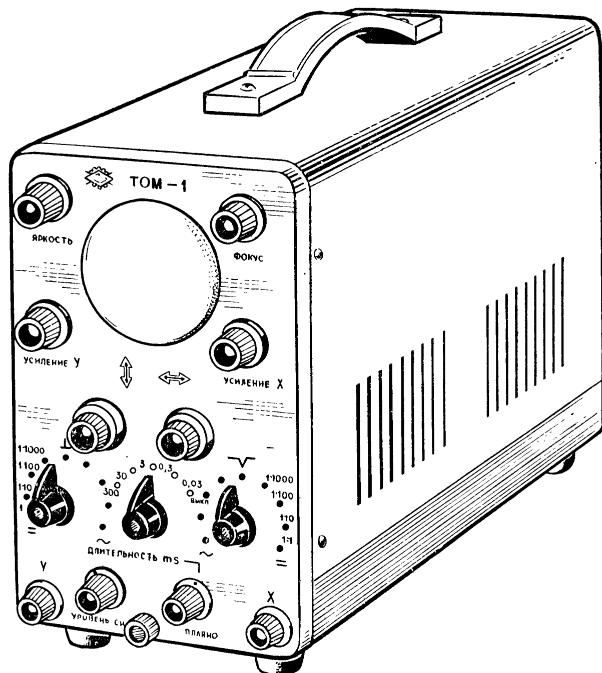


Рис. 6-32. Внешний вид осциллографа.

зистора T_6, возвращая триггер в исходное состояние, и на базу транзистора T_4, поддерживая его открытым. По окончании импульса мультивибратора транзистор T_4 закрывается, и с приходом следующего импульса формирователя процесс повторяется снова. Длительность импульса мультивибратора определяется емкостью конденсатора (C_{13}—C_{16}), включенного в цепь обратной связи переключателем $B_{2б}$.

Может случиться, что импульс с коллектора транзистора T_{10} не изменит состояния ждущего мультивибратора. В этом случае его запустит примерно через 2 с импульс, выработанный калибратором амплитуды. Этот каскад собран на транзисторе T_{13} и представляет собой усилитель-ограничитель. На базу транзистора подается переменное напряжение частотой 50 Гц. Выходное напряжение, снимаемое с резисторов R_{40}, R_{41}, подается на базу T_{11} через конденсатор C_{18} и диод $Д_{10}$ и запускает мультивибратор в том случае, если триггер на транзисторах T_5, T_6 не был переведен в исходное состояние отрицательным импульсом с коллектора транзистора T_{11}. Время, равное 2 с, определяется постоянной времени ячейки $C_{19}R_{45}$. Разряд конденсатора происходит во время прямого хода развертки. В ждущем режиме он быстро разряжается через резистор R_{43} и диод $Д_{12}$ до напряжения, установившегося на коллекторе транзистора T_5.

Осциллограф собран на горизонтальном дюралюминиевом шасси, жестко соединенном с передней панелью примерно в средней (по высоте) ее части (рис. 6-30 и 6-32). Сверху на шасси установлены: электронно-лучевая трубка в пермаллоевом экране, трансформатор, электролитические конденсаторы и другие детали блока питания, а также плата с переменными резисторами балансировки усилителей и регулировки уровня запуска, переключателем вида синхронизации и гнездами для подключения источника калиброванного напряжения. Платы усилителей и генератора развертки смонтированы на нижней стороне шасси. Между собой и с органами управления, закрепленными на передней стенке, они соединены с помощью разъемов.

Для питания осциллографа можно использовать любой источник, обеспечивающий на выходе постоянные напряжения 2,5 и 340 В, стабилизированные напряжения 13 и 105 В, а также переменное 6,3 В. Принципиальная схема питания электронно-лучевой трубки и схема соединения ее с усилителями вертикального и горизонтального отклонения показана на рис. 6-33.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЭЛЕКТРОНИКА В МУЗЫКЕ

В век научно-технической революции электроника проникает во все без исключения направления науки, смежные области техники и даже в искусство. В первую очередь это касается музыки. Уже давно электромузыкальные инструменты (ЭМИ) приняты на вооружение эстрадными исполнителями. Ни один эстрадный концерт сейчас не обходится без ансамбля, использующего электрогитары или другие инструменты, в которых применяются те или иные электронные устройства. Словом, различные одноголосные и многоголосные, а также адаптеризованные ЭМИ стали уже привычными.

Но, как и в других областях, в ЭМИ электроника не стоит на месте. Непрерывно ведутся работы по созданию новых инструментов, в том числе использующих новые принципы. До сих пор на основах электроники создавались главным образом солирующие или аккомпанирующие инструменты, а ритмическое сопровождение в электромузыкальных ансамблях и оркестрах поручалось традиционным ударным инструментам. Но и здесь электроника, оказывается, тоже может найти применение! Уже созданы первые шумовые ЭМИ, способные занять место в группе ритма эстрадного коллектива.

Вот один из примеров построения шумового ЭМИ. В его комплект входят четыре источника тональных сигналов и два источника сигналов широкого спектра типа «белого шума». Сигналы обоих источников быстро затухают. Поэтому тональные сигналы воспринимаются на слух не как музыкальные звуки, а как стуки, удары. По своему характеру эти стуки могут имитировать принятые в оркестрах компоненты ударной установки — там-там, брусок, палочки, маракасы, тарелки. Генераторы тональных сигналов в сочетании с шумовыми могут не только полностью заменить традиционные ударные инструменты, но и позволяют создавать совершенно новые звуковые ритмические эффекты.

Функциональная схема установки, использующей изложенный принцип, показана на рис. 7-1. Здесь четыре генератора тональных импульсов *2* управляются контактами клавиш *1*. Сигналы с их выходов подаются на усилитель-сумматор *5*. На него же поступает через усилители-модуляторы *4* шумовой сигнал от источника белого шума *3* (усилители-модуляторы также управляются клавишами). Результирующий сигнал, который может содержать все компоненты колебаний генераторов, имеет весьма сложный спектр и имитирует многие звучания.

Схема одного (из четырех аналогичных) источника тонального сигнала на транзисторе T_1 и усилителя-сумматора на транзисторе T_2 приведена на рис. 7-2. Генератор собран по обычной схеме RC-генератора с фазовращающей цепью на резисторах R_1—R_4 и конденсаторах C_1 — C_4. В исходном состоянии конденсатор C_6 заряжен от источника питания — 9 В через резистор R_7. При нажатии клавиши контакты K_1 замыкаются, и конденсатор разряжается через резистор R_6, причем время разряда выбрано весьма малым. Разрядный импульс через дифференцирующие цепи R_5C_5 и R_4C_4 поступает на базу транзистора T_1 — генератора, который в исходном состоянии не генерировал колебаний, так как напряжение смещения на его базе было установлено очень малым, и транзистор был почти закрыт. С приходом импульса транзистор открывается, и возникают быстро затухающие колебания. В зависимости от параметров фазосдвигающей RC-цепи их частота может быть различной, а в зависимости от сопротивления резистора R_{10} в эмиттерной цепи транзистора может быть установлена различная длительность затухания сигнала.

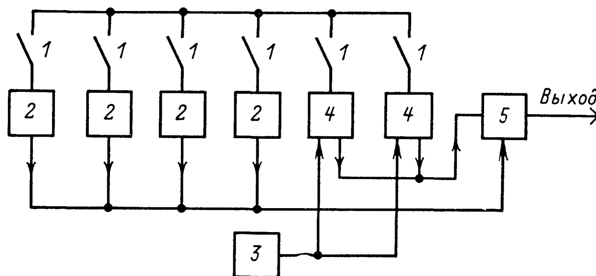


Рис. 7-1. Функциональная схема шумового ЭМИ.

Частота сигнала определяет характер звучания. В табл. 7-1 приведены параметры RC-цепи генератора и звуки ударных инструментов, которые могут при этом имитироваться. Если частоту генератора понизить примерно до 65 Гц, его звучание будет напоминать удар большого барабана.

Выходы четырех генераторов (или пяти — вместе

Таблица 7-1

Имитируемый инструмент	Параметры элементов				Частота сигнала, Гц
	C_1—C_4, нФ	R_9, кОм	C_5, нФ	C_6, мкФ	
«Там-там» I	56	39	47	5	130
«Там-там» II	33	56	47	5	190
Брусок	6,8	56	10	1	1000
Палочки	2,2	56	4,7	0,5	2300

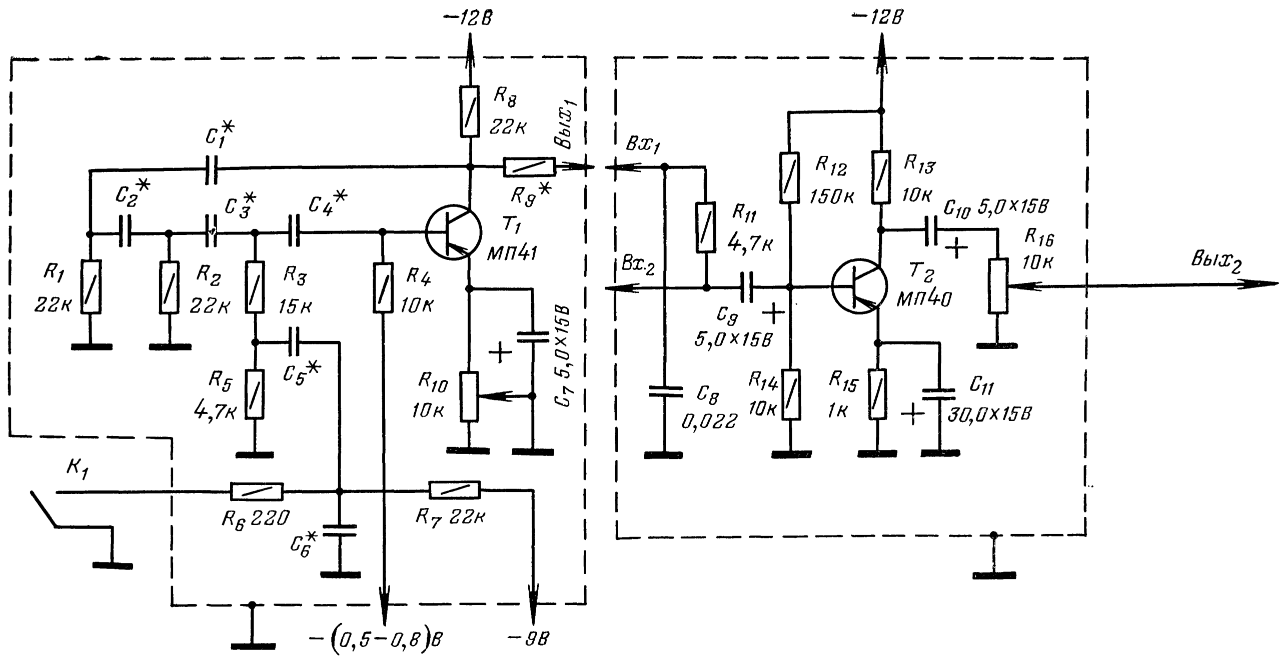


Рис. 7-2. Принципиальная схема источника тонального сигнала. и усилителя-сумматора.

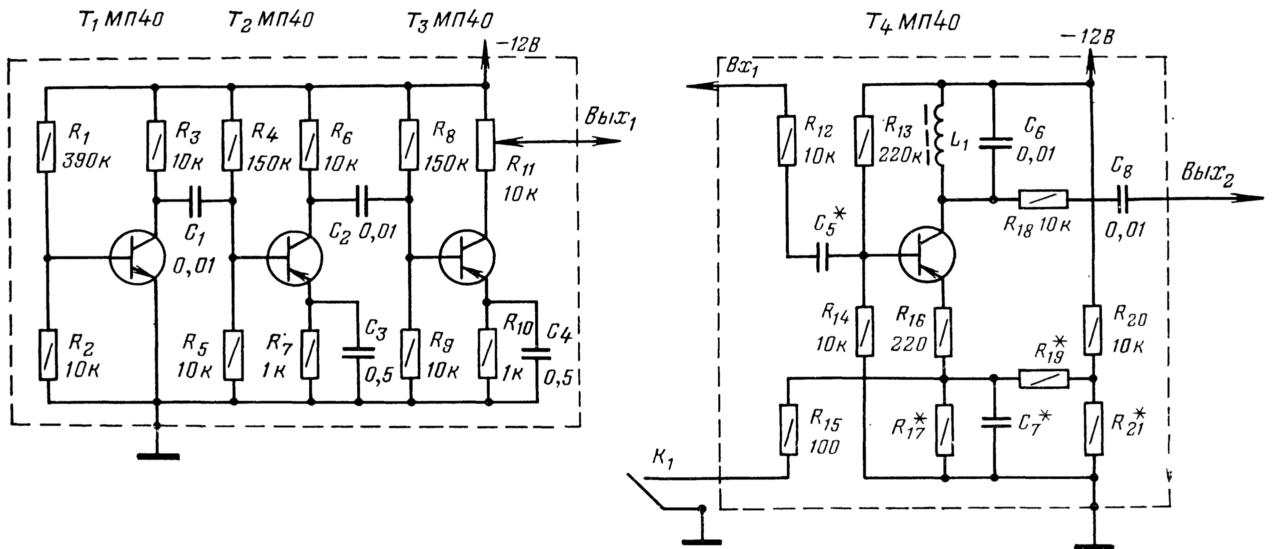


Рис. 7-3. Принципиальная схема генератора белого шума и усилителя-модулятора.

с имитатором большого барабана) соединены со входом Bx_1 усилителя-сумматора через развязывающие резисторы R_9. Этот вход зашунтирован конденсатором C_8, отфильтровывающим высокочастотные составляющие сигналов. Ко второму входу (Bx_2) усилителя-сумматора подключают источники сигнала с высокочастотным шумовым спектром.

Схема источника шумового сигнала — генератора белого шума вместе со схемой одного из усилителей-модуляторов приведена на рис. 7-3. Генератор выполнен на транзисторах T_1—T_3. Это — обычный усилитель с высоким коэффициентом усиления (около 10^5). На его выходе выделяется сигнал, представляющий собой усиленный шумовой спектр первого каскада Шумовой сигнал генератора поступает на входы двух усилителей-модуляторов. Один из них показан на рис. 7-3. Усилитель собран на транзисторе T_4. В исходном состоянии транзистор закрыт напряжением, поступающим на его эмиттер с делителя на резисторах R_{20}—R_{21} через резисторы R_{19} и R_{16}. Конденсатор C_7 при этом заряжен до напряжения, закрывающего транзистор. При замыкании контактов K_1 клавиши он быстро разряжается через небольшое сопротивление резистора R_{15}. Транзистор T_4 при этом открывается, и появляется сигнал на его выходе. Открытое состояние транзистора будет поддерживаться все время, пока контакты замкнуты. Поэтому

время звучания определяется здесь самим исполнителем. При размыкании контактов конденсатор начинает заряжаться по цепи, постоянная времени которой превышает постоянную времени цепи разряда (время заряда в основном определяется сопротивлением резистора R_{19}). В результате этого напряжение шумового сигнала на выходе усилителя спадает плавно, определяя относительно длительное затухание звука. Параметры элементов усилителя, соответствующие имитации звучания маракасов и тарелок, приведены в табл. 7-2.

Таблица 7-2

Имитируемый инструмент	Параметры элементов				
	C_5, нФ	C_7, мкФ	R_{17}, кОм	R_{19}, кОм	R_{21}, кОм
Маракасы	1	5	—	39	10
Тарелки	2,2	30	100	50	3,9

Резонансный контур L_1C_6, включенный в цепь коллектора транзистора T_4, позволяет подобрать необходимую полосу частот для того или иного тембра звучания. В зависимости от желаемого тембра частота резонанса этого контура может быть от 3 до 15 кГц. Для достижения более яркого звучания можно включить несколько контуров последовательно, в результате чего частотная характеристика будет иметь более сложную форму. Например, для получения более естественной имитации тарелок лучше всего соединить по крайней мере два контура, настроив их на частоты 4 и 6 кГц.

Сопоставляя музыкальное звучание ЭМИ группы ритма с звучанием их классических аналогов, следует признать, что они практически не отличаются. Лишь звучание электронных тарелок заметно уступает натуральному. Для получения большего приближения к нему необходимо применять систему по крайней мере из двух модуляторов, на входы которых подано напряжение шума от общего генератора, а на выходах включены различные частотные фильтры. Если при этом времена затухания звука модуляторов будут отличаться в 3—10 раз, то в начальной фазе звучания на усилитель-сумматор будут поступать оба сигнала (т. е. звук будет более интенсивным и насыщенным по частотному спектру), а в заключительной фазе — только от модулятора с более длительным затуханием (звук будет плавно замирать). Именно такой характер имеет звучание классических тарелок.

Для питания устройств ЭМИ можно использовать батарею, так как потребляемый ток не превышает 10 мА, однако можно применить и сетевой выпрямитель (рис. 7-4).

Применение электроники в ритмической группе эстрадного ансамбля имеет более широкие возможности, чем синтез звуков, имитирующих ударные инструменты. Для музыкальных произведений, характеризующихся четким постоянным ритмом — а это свойственно почти всем танцам — ритмическое сопровождение мелодии можно поручить... автомату. В качестве «электронного ударника» может выступать либо электромеханическое устройство, либо запрограммированный полностью электронный автомат. Для электромеханической системы могут быть применены датчики программ с кольцевыми дорожками и скользящими по ним контактами. Диски с нанесенными на них дорожками, например выполненные из фольгированного листового материала, приводятся во вращение электродвигателями наподобие граммофонной пластинки. Скользящие контакты, замыкаясь с дорожками в определенные промежутки времени, играют роль контактов клавишей при «ручном» исполнении. Для того чтобы иметь возможность менять ритм и темп сопровождения, очевидно, потребуется изготовить набор «пластинок» с нанесенными на них кольцевыми контактами, а также предусмотреть регулировку частоты вращения электродвигателя.

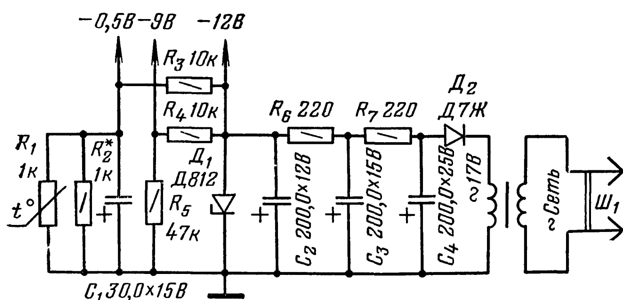


Рис. 7-4. Принципиальная схема выпрямителя шумового ЭМИ.

Чтобы получить желаемую программу запуска отдельных источников сигнала, необходимо обеспечить их связь не с каждым замыкаемым контактом, а лишь с некоторыми из них. Поэтому между датчиком и источниками сигналов следует включить переключатель с числом положений, соответствующим числу выбранных ритмических фигур. В том или ином ритмическом построении замыкание пусковой цепи конкретного сигнала может происходить только по секторам, которые для данного ритма подключаются к пусковой цепи источника. Для упрощения соединений отдельные секторы могут быть соединены между собой повторяющимися группами.

В запрограммированном устройстве автоматического ритмического сопровождения могут быть использованы тактовый генератор с последующими делителями частоты и набор дешифраторов, определяющих темп и ритмическую структуру исполнения.

Пожалуй, наиболее популярным видом электромузыкальных инструментов является адаптеризованная гитара — электрогитара, как ее часто называют. Соединение этого прежде камерного инструмента со средствами электроники дало ему новую жизнь. Теперь голос гитары мощно звучит на фоне других инструментов оркестра. Используется электрогитара и многочисленными вокально-инструментальными ансамблями. С помощью электронных устройств удалось не только усилить звук инструмента. Применение различных приборов, так или иначе преобразующих вид электрических колебаний, позволяет значительно расширить исполнительские возможности гитары, обогатить ее звучание и намного усилить эмоциональное воздействие на слушателя.

К таким устройствам относятся преобразователь спектра, генератор «вау-вау», генераторы тремоло и вибрато, ревербератор, «фильтр присутствия». Попутно следует отметить, что эти устройства в ряде случаев могут быть использованы и для получения звуковых эффектов с другими ЭМИ и даже для преобразования электрических сигналов голоса исполнителя (например, ревербератор).

Преобразователь спектра представляет собой устройство, обогащающее спектр сигнала высшими гармоническими составляющими. Это достигается искажением синусоидальной формы сигнала и преобразованием его, например, в импульсы прямоугольной формы. Такого эффекта можно достичь применением триггера Шмитта или в простейшем случае двустороннего амплитудного ограничителя, подобного, например, показанному на рис. 7-5, который включают в цепь предварительного усилителя. Звук гитары при использовании преобразователя спектра становится резким, выразительным. Такое звучание получило название «бит»-звучания. Иногда преобразователи спектра называют «фас»-устройствами.

На рис. 7-6 показана схема другого преобразователя спектра, основой которого является триггер Шмитта, построенный на двух транзисторах *n-p-n* структуры. Искаженный сигнал с коллектора транзистора T_2 поступает на регулятор громкости R_5 и далее, через фильтр R_6—R_8, C_5, C_6 — на вход основного усилителя. Регулируя резистор R_6, можно изменять тембр звучания инструмента.

Эффект «вау-вау» («квакушка») заключается в изменении частотной характеристики сигнала. Это достигается применением резонансного усилителя, выделяющего заданную область частот (обычно от 400 Гц до

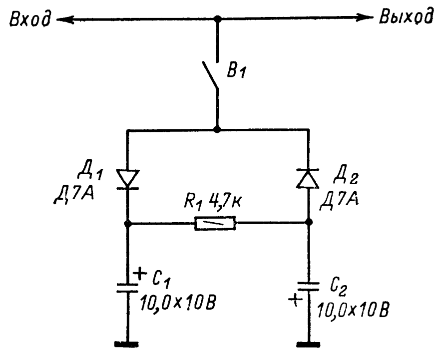


Рис. 7-5. Двусторонний амплитудный ограничитель.

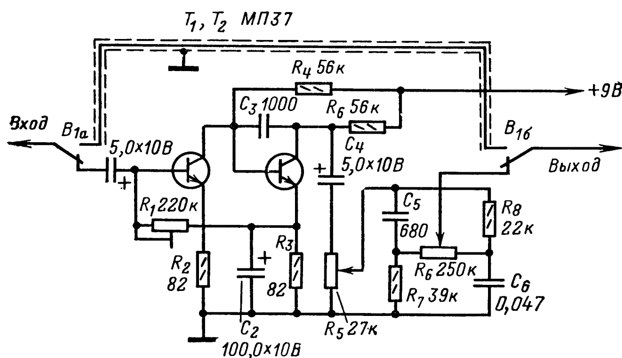


Рис. 7-6. Преобразователь спектра на триггере Шмитта.

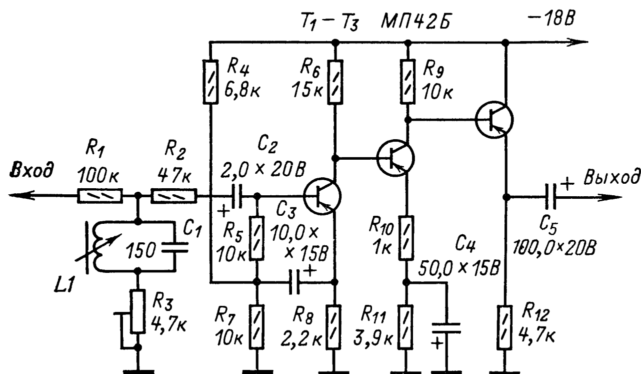


Рис. 7-7. Принципиальная схема «квакушки».

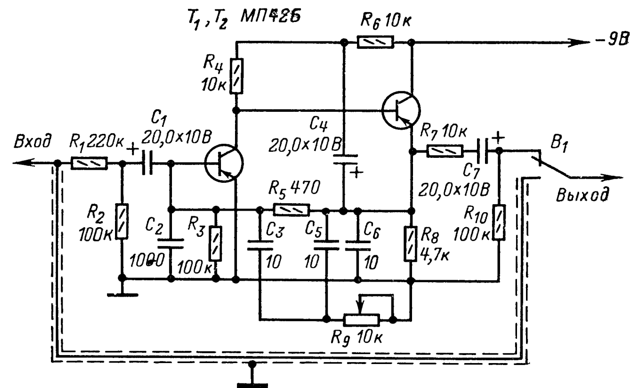


Рис. 7-8. «Квакушка» с регулируемой обратной связью.

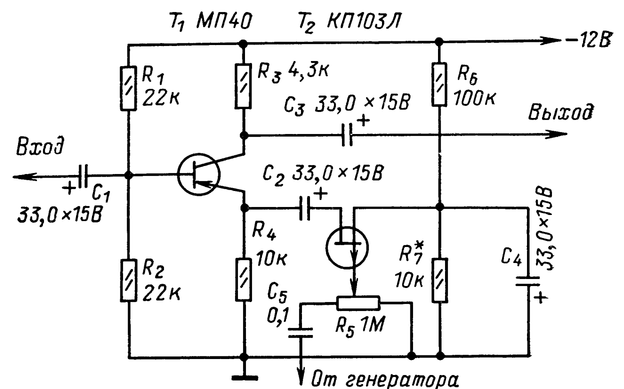


Рис. 7-9. Принципиальная схема генератора тремоло.

1,5 кГц). В простейшем виде такой усилитель может содержать на входе *LC*-контур (рис. 7-7). После контура включен усилитель на транзисторах T_1—T_3. Частота контура L_1C_1 изменяется при помощи регулировки индуктивности катушки L_1. Она выполнена на магнитопроводе из трансформаторной стали. Обмотка катушки содержит 1000 витков провода ПЭЛ0,2. Пластины, замыкающие магнитную цепь магнитопровода, — подвижные. Нажатием на педаль их можно приближать и удалять от Ш-образной части магнитопровода. При изменении магнитного зазора индуктивность катушки также меняется.

Такого же эффекта можно достичь, если применить в усилителе цепь регулируемой обратной связи (рис. 7-8). Между базой транзистора T_1 и эмиттером транзистора T_2 включен *RC*-фильтр, резонансная частота которого может изменяться резистором R_9 (он смонтирован в ножной педали).

Эффекты вибрато и тремоло иногда путают друг с другом. Однако это разные понятия: вибрато представляет собой частотную модуляцию сигнала, получаемую непосредственно при образовании звука (например, при механическом изменении длины струн гитары с помощью так называемой рукоятки вибрато); тремоло же — это амплитудная модуляция сигнала очень низкой частоты, в такт с которой колеблется громкость сигнала. Частота вибрато также должна быть выбрана достаточно низкой (обычно 3—15 Гц), что обусловлено инерцией нашего слуха.

Известно достаточно много конструкций генераторов тремоло. Однако большинству из них присущи не-

достатки — низкий коэффициент модуляции и «пролезание» сигнала модулирующей частоты на выход усилителя. Радиолюбитель В. Туренко предложил конструкцию генератора тремоло, в котором используется свойство полевого транзистора изменять сопротивление канала под действием напряжения, приложенного к затвору. Модуляция сигнала происходит в результате изменения коэффициента усиления каскада. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 7-9. Здесь на транзисторе T_1 собран усилительный каскад, транзистор T_2 — управляющий. При подаче на затвор транзистора T_2 напряжения инфранизкой частоты от обычного

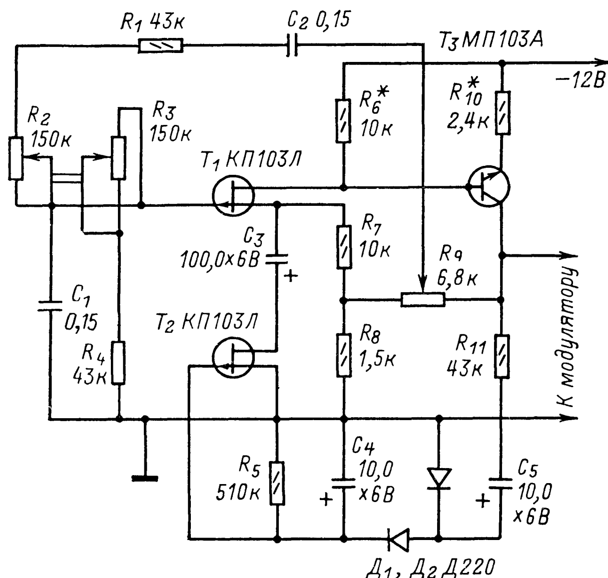


Рис. 7-10. Принципиальная схема генератора инфранизкой частоты.

RC-генератора сопротивление канала T_2 изменяется, что влечет за собой изменения напряжения обратной связи транзистора T_1 и, в конечном результате, коэффициента усиления. Глубину модуляции в данном генераторе можно регулировать резистором R_5. Здесь она практически может достигать 75—95% при коэффициенте усиления устройства 6—15 дБ. Чтобы сигнал, поступающий на вход модулятора, не искажался, его амплитуда не должна превышать 30—50 мВ.

Схема генератора инфранизкой частоты, примененного в данном устройстве, показана на рис. 7-10. Он представляет собой усилитель с гальванической связью. Первый каскад выполнен на полевом транзисторе T_1, что дало возможность применить в фазосдвигающей цепи высокоомный сдвоенный резистор R_2, R_3 и избежать применения электролитических конденсаторов. Второй каскад собран на кремниевом транзисторе T_3. Оба каскада охвачены отрицательной и положительной обратной связью.

Сигнал положительной обратной связи снимается с резистора R_9 и через фазосдвигающие цепи подается на затвор транзистора T_1, что обеспечивает генерацию. В устройстве применена также нелинейная обратная связь через полевой транзистор T_2. Работает она следующим образом. Синусоидальный сигнал генератора выпрямляется диодами $Д_1$, $Д_2$ и выпрямленное напряжение подается на затвор транзистора T_2. Сопротивление его канала при этом увеличивается, и глубина отрицательной обратной связи растет до тех пор, пока коэффициент усиления не станет равным затуханию в цепи положительной обратной связи. Таким образом происходит стабилизация амплитуды выходного напряжения сигнала.

Широкое распространение в современной эстрадной музыке нашла реверберация. Проще всего этот эффект можно получить с помощью магнитофона, имеющего раздельные головки для записи и воспроизведения, установленные на некотором расстоянии друг от друга. Звук записывается на ленту и затем воспроизводится с некоторым запаздыванием, определяющим реверберацию, т. е. послезвучание записанного сигнала по отношению к основному. При запаздывании около 50 мс проявляется собственно эффект реверберации в общепринятом смысле слова, при запаздывании до 1 с — эффект эха. Можно также получить многократное эхо с разными временами запаздывания, если применить несколько магнитофонных ревербераторов. Чтобы при реальном расстоянии между записывающей и воспроизводящей головками можно было получить достаточное время запаздывания, скорость протягивания ленты должна быть не более 19,05 см/с.

Для получения эффекта реверберации могут быть использованы и другие устройства, использующие разнообразные принципы задержки сигнала (например, пружинные ревербераторы).

Эффект «присутствия» может быть достигнут включением в цепь предварительного УНЧ *RC*-фильтра. Сочетание таких фильтров может дать совершенно необычные, оригинальные созвучия, недостижимые никакими другими способами. Одна из простейших схем такого устройства показана на рис. 7-11. В разных положениях переключателя B_1 оно позволяет получить разнообразные оттенки звучания.

В заключение приведем конкретную конструкцию приставки к электрогитаре, разработанную радиолюбителем О. Стрельцовым (рис. 7-12). Она включает в себя три узла: преобразователь спектра, «квакушку» и устройство тремоло. «Квакушка» постоянно включена в цепь усиления сигнала. В одном из крайних положений регулятора она может использоваться в линейном режиме. При замыкании контактов переключателя B_1 сигнал через преобразователь спектра, делитель R_2, R_3, контакт *2* переключателя $B_{1б}$ и «квакушку» попадает на выход. Переключатель B_1 присоединяет преобразователь спектра на короткое, а B_3 — на длительное время. Переключатель B_4 включает узел тремоло. Когда переключатель B_3 замыкает контакты *1*, а B_4 — контакты *2*, то будут получены одновременно два эффекта — тремоло и «квакушки». Можно включить и сразу все три узла. Для этого переключатели B_3 и B_4 должны замыкать контакты *2*. Переключатель B_2 изменяет тембр сигна-

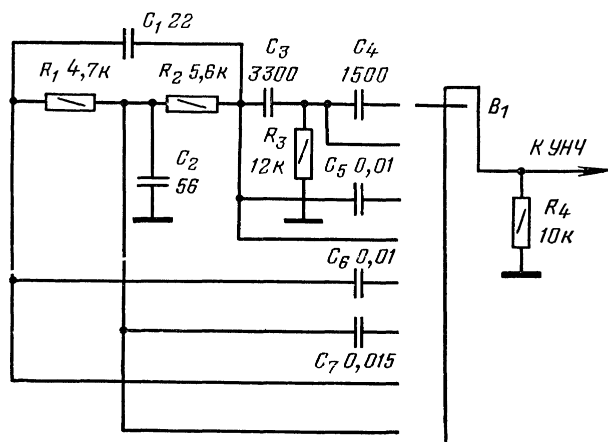


Рис. 7-11. Принципиальная схема *RC*-фильтров.

ла, уменьшая уровень его высокочастотных составляющих в результате шунтирования цепи конденсатором C_2.

Принципиальная схема «квакушки» приведена на рис. 7-13. Она представляет собой двухкаскадный усилитель на транзисторах T_1 и T_2, охваченный отрицательной обратной связью через перестраиваемый резонансный T-мост $R_6R_7C_3—C_5$. Регулировка моста производится изменением сопротивления резистора R_7. Диапазон перестройки по частоте 200—2500 Гц. «Квакушка» смонтирована на печатной плате из фольгированного гетинакса размерами 60×50 мм.

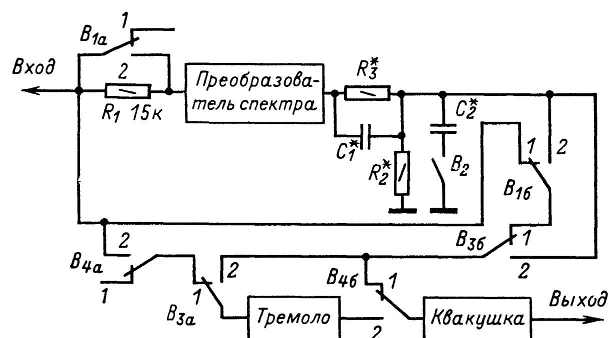


Рис. 7-12. Функциональная схема приставки к электрогитаре.

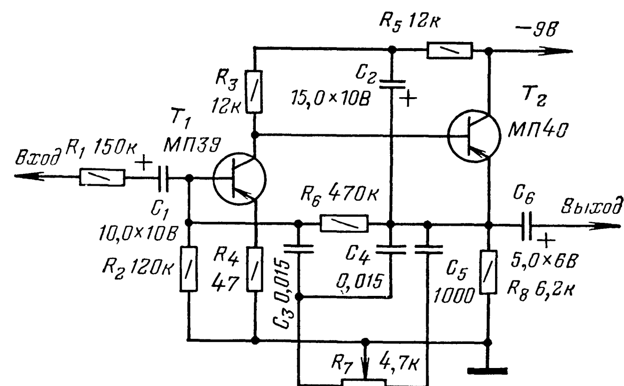


Рис. 7-13. Принципиальная схема «квакушки»-приставки.

Рис. 7-14. Принципиальная схема преобразователя спектра и генератора тремоло приставки.

На рис. 7-14 показана схема устройства преобразования спектра на транзисторах T_1—T_4 и узла тремоло на транзисторах T_5—T_7. На транзисторе T_1 собран эмиттерный повторитель, увеличивающий входное сопротивление преобразователя спектра. Транзисторы усилителя — T_2 и T_3 включены по схеме с ОЭ и непосредственной связью между каскадами. На транзисторе T_4 выполнен выходной эмиттерный повторитель, уменьшающий влияние нагрузки на работу преобразователя. Диод $Д_1$, подключенный к его базе, служит для ограничения сигнала на уровне потенциала, заданного делителем R_{10}, R_{11}. Для уменьшения уровня высокочастотных составляющих сигнала вход преобразователя шунтирован конденсатором C_1, а в цепь эмиттера транзистора T_1 включен конденсатор C_3. Выходной сигнал преобразователя спектра делителем R_{12}—R_{13} уменьшается до напряжения сигнала обычной электрогитары (30—50 мВ), что позволяет использовать это устройство со стандартным усилителем.

В модуляторе узла тремоло использованы диоды $Д_2$ и $Д_3$, включенные по балансной схеме, что уменьшает «пролезание» модулирующего инфранизкого сигнала на выход узла. Вместе с резисторами R_{19}, R_{20} диоды образуют мост. На одну из его диагоналей поступает сигнал гитары, усиленный каскадом на транзисторе T_5, а на другую — модулирующий сигнал. Сопротивление моста меняется ввиду того, что диоды при поступлении отрицательной полуволны модулирующего напряжения открываются, поэтому сигнал гитары, снимаемый с моста, модулирован по амплитуде. Генератор инфранизкой частоты собран на транзисторах T_6, T_7 по схеме обычного RC-генератора, частоту которого можно регулировать в пределах от 3 до 7 Гц резистором R_{25}. С помощью резистора R_{21} регулируют амплитуду модулирующего сигнала, подаваемого на диагональ моста модулятора тремоло, чем устанавливают желаемую глубину модуляции. Эта глубина также зависит от сопротивления резисторов R_{19} и R_{20}, которые определяют диапазон напряжений, при которых диоды $Д_2$ и $Д_3$ открываются и начинают шунтировать диагональ моста.

Узлы преобразователя спектра и тремоло собраны на отдельных печатных платах, размерами соответственно 95×50 и 105×50 мм. К деталям, примененным в приставке к электрогитаре, особых требований не предъявляется. Исключение составляют диоды $Д_2$ и $Д_3$ модулятора тремоло, которые должны быть подобраны по возможности с одинаковыми вольт-амперными характеристиками. От их идентичности зависит глубина балансировки модулятора, которая определяет «пролезание» сигнала модулирующей частоты на выход усилителя. Некоторую компенсацию возможного разброса характеристик диодов можно произвести, подбирая резисторы R_{19} и R_{20}.

Примененная схема балансного модулятора требует питания генератора модулирующего напряжения от отдельного источника. Поэтому для питания устройств применены две батареи «Крона». От одной батареи питается генератор инфранизкой частоты, от второй — преобразователь спектра и «квакушка».

Устройства описанной приставки следует подключать к УНЧ для электрогитары, имеющему чувствительность 30—50 мВ. Вход устройства должен подключаться непосредственно к предварительному усилителю, обычно смонтированному в корпусе гитары.

Приставка выполнена в виде педали. Все элементы и узлы приставки помещены в корпус, рама которого сделана из фанеры толщиной 10 мм, дно и крышка — из дюралюминия толщиной 2 мм. На дне установлены печатные платы, батареи питания и два кронштейна с переключателями B_1—B_4. На крышке укреплены резисторы управления глубиной модуляции и частотой узла тремоло и резистор управления «квакушкой». Последний имеет ножной привод, что позволяет управлять им в процессе исполнения музыкального произведения. Переключатели B_1 и B_2 также управляются ножным приводом. При нажатии на его педаль вначале переключается переключатель B_1, включающий преобразователь спектра, затем переключатель B_2, подключающий конденсатор для получения «мягкого» звучания.

На передней стенке приставки смонтированы входной и выходной разъемы для соединения ее с электрогитарой и УНЧ.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

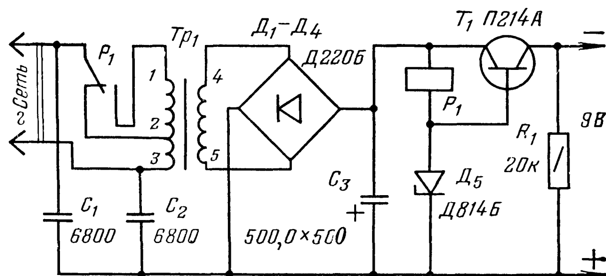
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Транзисторные стабилизаторы напряжения

Транзисторная аппаратура питается в большинстве случаев от низковольтных источников тока. Это, как правило, гальванические элементы или аккумуляторы. В процессе эксплуатации питания напряжение таких источников меняется в значительных пределах. При питании устройств на транзисторах от сети через выпрямитель напряжение на нагрузке также колеблется из-за изменений напряжения сети. В ряде случаев напряжение питания меняется также при изменении нагрузки. В связи с тем что стабильность работы транзисторных устройств в значительной мере зависит от постоянства питающих напряжений, возникла необходимость в их стабилизации.

Наиболее распространенные транзисторные стабилизаторы напряжения собраны по последовательной схеме. Принцип работы такого стабилизатора состоит в том, что в цепь питания последовательно включен регулирующий транзистор. Смещение на его базе зависит от изменения нагрузки или питающего напряжения. Зависимость выбрана такой, что при уменьшении напряжения питания регулирующий транзистор приоткрывается, и наоборот, при увеличении — закрывается. В результате этого напряжение на нагрузке стремится остаться постоянным. Менее распространены параллельные схемы стабилизации, когда регулирующий транзистор включен параллельно цепи нагрузки.

На рис. 8-1 изображена схема предложенного



В. Клушиным простого стабилизатора для питания маломощных потребителей. Его номинальный ток нагрузки 50 мА, стабилизированное напряжение 9 В. Стабилизатор можно включать в сеть 127 или 220 В без переключения сетевой обмотки трансформатора, которое в нем осуществляется автоматически. При включении стабилизатора в сеть с напряжением 127 В часть первичной обмотки трансформатора $Тр_1$ (выводы *2-3*) через левый и средний контакты реле $Р_1$ подключается к сети. Со вторичной обмотки пониженное до 19 В напряжение подается на выпрямитель, собранный по мостовой схеме на диодах $Д_1$—$Д_4$. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсатором $С_3$ и поступает на стабилизатор, собранный на транзисторе $Т_1$ и стабилитроне $Д_5$.

Транзистор $Т_1$ включен последовательно с нагрузкой и является регулирующим элементом. Смещение на его базе фиксировано с помощью стабилитрона $Д_5$ и поэтому не зависит от входного напряжения. В результате ток через транзистор будет оставаться постоянным, и, следовательно, напряжение на нагрузке будет поддерживаться в заданных пределах. В случае увеличения напряжения на нагрузке будет только повышаться ток в цепи стабилитрона. При уменьшении питающего стабилизатор напряжения понизится ток в цепи стабилитрона, смещение на базе регулирующего транзистора останется прежним и ток через него будет постоянным, а следовательно, останется прежним и напряжение на нагрузке. Эти условия будут соблюдаться до тех пор, пока изменения питающего напряжения не превысят пределов стабилизации стабилитрона.

При включении стабилизатора в сеть 220 В в первый момент ток через стабилитрон будет значительно больше тока срабатывания реле $Р_1$. Оно сработает и переключит своими контактами сетевую обмотку трансформатора $Тр_1$. В связи с тем что ток отпускания реле больше тока срабатывания, реле будет находиться во включенном состоянии и трансформатор $Тр_1$ будет работать в нормальном режиме. Конденсаторы $С_1$ и $С_2$ служат для фильтрации помех, проникающих из сети в стабилизатор, резистор R_1 является постоянной нагрузкой стабилизатора, способствующей стабильной работе. В табл. 8-1 приведены напряжения пульсаций на входе и выходе стабилизатора при различных токах нагрузки.

Таблица 8-1

$I_{нагр}$, мА	$U_{пульс.вх}$, мВ	$U_{пульс.вых}$, мВ
0	240	0,5
20	400	0,5
30	500	0,5
40	550	0,6
50	680	0,8
60	820	1,1

Трансформатор $Тр_1$ намотан на тороидальном магнитопроводе ОЛ20/32×10. Первичная обмотка содержит 4400 витков провода ПЭВ-2 0,08 (отвод сделан от 2540-го витка), вторичная обмотка имеет 380 витков провода ПЭВ-2 0,18. Конденсаторы $С_1$ и $С_2$ — БМ2 с номинальным напряжением не ниже 400 В, конденсатор $С_3$—К50-6, реле $Р_1$ типа РЭС-10 (паспорт РС.4.524.302Сп). Вместо транзистора П214А можно применить П213, П4Э, П601 или П602.

Рассмотрим второй вариант простого последовательного стабилизатора, предложенный С. Назаровым. Принципиальная схема стабилизатора изображена на рис. 8-2. Минимальное выходное напряжение на нагрузке 3 В, оно может быть плавно увеличено до 15 В. Выходное сопротивление стабилизатора 0,4 Ом. При

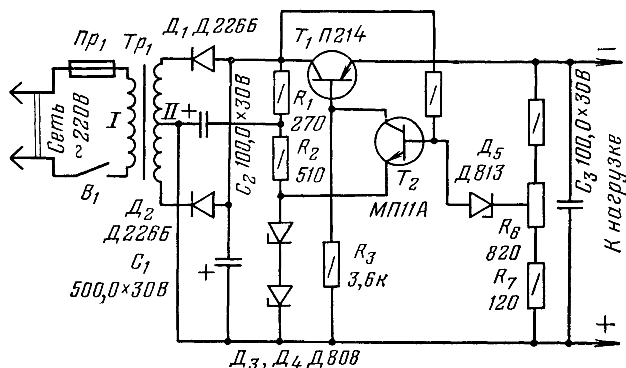


Рис. 8-2. Принципиальная схема простого последовательного стабилизатора.

выходном напряжении 10 В и токе нагрузки 20 мА коэффициент стабилизации равен 300, при токе нагрузки 100 мА — 260 и при 300 мА — 80.

Выпрямитель сетевого напряжения собран на диодах $Д_1$, $Д_2$, подключенных по обычной двухполупериодной схеме ко вторичной обмотке трансформатора питания $Тр_1$. Конденсатор $С_1$ служит для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. Основным фильтром переменной составляющей является ячейка R_1C_2. Собственно стабилизатор собран на транзисторах $Т_1$ (регулирующий элемент) и $Т_2$ (управляющий элемент). Стабилитроны $Д_3$, $Д_4$ и резистор R_2 служат для получения опорного напряжения, стабилизирующего потенциал эмиттера транзистора $Т_2$ относительно общего плюсового провода устройства. Стабилитрон $Д_5$ совместно с резисторами R_4, R_6 и R_7 образует второй источник опорного напряжения, которое также приложено к участку база — эмиттер транзистора $Т_2$. Вследствие этого на базе $Т_2$ по отношению к его эмиттеру всегда будет действовать алгебраическая сумма этих опорных напряжений, т. е. напряжений на стабилитронах $Д_3$—$Д_5$ и на нижнем плече делителя R_5—R_7 выходного напряжения.

Коллекторный ток транзистора $Т_2$, зависящий от результирующего напряжения, создает на резисторе R_3 некоторое падение напряжения, приложенное ко входу регулирующего транзистора $Т_1$, включенного по схеме эмиттерного повторителя. Исходя из этого, выходное напряжение стабилизатора будет определяться напряжением на резисторе R_3. Важно заметить, что оно является частью опорного напряжения первого источника (стабилитроны $Д_3$, $Д_4$).

При увеличении напряжения на выходе стабилизатора увеличивается падение его на нижнем плече делителя R_5—R_7, а напряжения на стабилитронах $Д_3$—$Д_5$ остаются неизменными. В результате коллекторный ток транзистора $Т_2$ и падение напряжения на R_3 уменьшаются; так как это напряжение является входным для транзистора $Т_2$, то напряжение на выходе стабилизатора уменьшится до первоначального значения. Такое построение стабилизатора обеспечивает его высокие качественные показатели при относительно простой схеме. Применение стабилитрона $Д_5$ в цепи базы транзистора $Т_2$ обеспечивает расширение пределов регулирования выходного напряжения. Через резистор R_4 осуществляется обратная связь, компенсирующая отклонение этого напряжения от установленного. Ток, протекающий через стабилитрон $Д_5$, значительно меньше номинального тока стабилизации и изменяется незначительно, поэтому напряжение на нем остается почти постоянным. Динамическое сопротивление стабилитрона при этом может значительно превышать значение, указанное в его паспорте. Сопротивление резистора R_4 подбирают по максимальному коэффициенту стабилизации устройства.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на магнитопроводе, набранном из пластин Ш20, толщина набора 30 мм. Первичная обмотка $Тр_1$ содержит 1440 витков провода ПЭЛ 0,18 при сетевом напряжении 220 В. Вторичная обмотка состоит из двух половин по 120 витков каждая, намотанных проводом ПЭЛ 0,38. Радиатор транзистора T_1 рассчитывается на мощность рассеивания 5 Вт. Стабилитроны $Д_3$ и $Д_4$ могут быть заменены одним.

Стабилизаторы напряжения, в которых регулирующий элемент включен параллельно нагрузке, отличаются от стабилизаторов с последовательным включением регулирующего транзистора тем, что они нечувствительны к перегрузкам и коротким замыканиям на выходе. Однако они получили меньшее распространение в силу того, что их к. п. д. значительно ниже, чем в стабилизаторах с последовательным включением регулирующего транзистора.

На рис. 8-3 показана схема параллельного стабилизатора. Как известно, у транзистора при неизменном напряжении коллектор — база и изменяющихся напряжении питания и токе нагрузки напряжение между коллектором и эмиттером меняется незначительно. При этом напряжение на нагрузке $U_н$ превосходит напряжение на стабилитроне $Д_1$ на величину смещения $U_{БЭ}$. Коэффициенты стабилизации параллельного и последовательного стабилизаторов практически одинаковы. Однако у параллельного стабилизатора лучше температурный коэффициент выходного напряжения. Это происходит от того, что элементами, определяющими параметры выходного напряжения, являются последовательно соединенные стабилитрон $Д_1$ и эмиттерный переход транзистора T_1, у которых температурные коэффициенты имеют разные знаки. Минимальное напряжение питания $U_{п.мин}$ выбирают равным 1,3—2 $U_н$. При меньших значениях ухудшается коэффициент стабилизации; при больших увеличивается стабильность выходного напряжения, зато резко ухудшается экономичность стабилизатора.

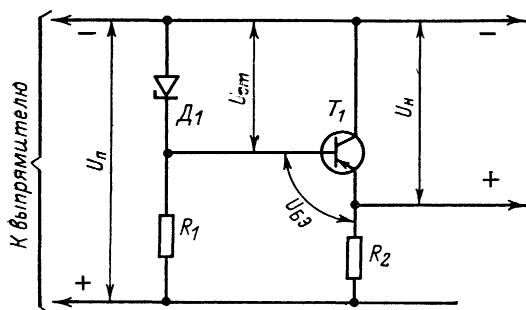


Рис. 8-3. Схема, поясняющая принцип работы параллельного стабилизатора.

Параллельный стабилизатор допускает плавную регулировку выходного напряжения, для чего параллельно стабилитрону включают переменный резистор, движок которого соединяют с базой транзистора T_1. Ток через этот резистор должен быть в 5—10 раз больше максимального тока базы T_1. Для уменьшения мощности рассеивания на переменном резисторе выгоднее в качестве T_1 использовать составной транзистор. Принципиальная схема такого параллельного стабилизатора, выполненного А. Василевским, изображена на рис. 8-4. На выходе этого стабилизатора можно получить плавно меняющееся напряжение от 3 до 12 В при токе нагрузки соответственно от 200 до 100 мА. Нижний предел регулировки можно менять подбором сопротивления резистора R_1. Стабилизатор обеспечивает в указанных пределах изменения напряжения и тока нагрузки колебания $U_н$ не более ±1% при колебаниях напряжения в сети ±15%.

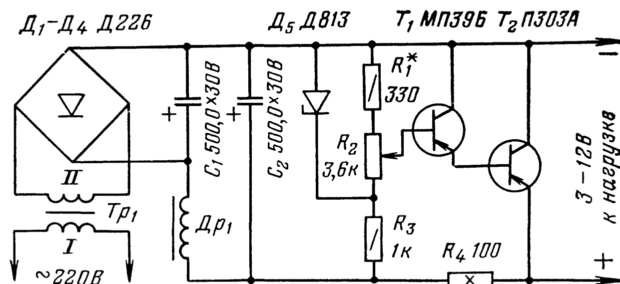


Рис. 8-4. Принципиальная схема параллельного стабилизатора.

Детали стабилизатора, кроме $Тр_1$ и R_2, смонтированы на пластине из листового дюралюминия размерами 95×75, толщиной 2 мм. Транзистор T_2 установлен непосредственно на этой пластине, что создает благоприятные условия для дополнительного отвода тепла. Резистор R_4, который значительно нагревается, следует устанавливать возможно дальше от транзисторов и диодов. Трансформатор $Тр_1$, переменный резистор R_2 и выходные зажимы стабилизатора монтируют непосредственно на передней панели.

Трансформатором питания служит переделанный выходной трансформатор от ламповых приемников III класса. В данной конструкции автор применил выходной трансформатор от радиоприемника «Кама». Первичную обмотку, содержащую 2900 витков провода ПЭЛ 0,12, используют как сетевую. Вторичную обмотку удаляют и вместо нее наматывают 300 витков провода ПЭЛ 0,35. Магнитопровод такого трансформатора набран из пластин Ш16, толщина набора 24 мм. Возможно использование и других трансформаторов, например ТВК-110. Сечение магнитопровода должно быть около 4 см², а число витков в первичной обмотке не менее 2500. Дроссель $Др_1$ содержит 500 витков провода ПЭВ-2 0,35, намотанных на магнитопроводе Ш10×10. Несколько худшие результаты фильтрации выпрямленного напряжения получают, если исключить дроссель $Др_1$ и конденсатор C_2, увеличив при этом емкость C_1 до 2000—4000 мкФ. В выпрямителе можно использовать диоды Д7Ж, транзистор T_1 (МП39Б) заменить на МП39—МП42, а транзистор T_2 на П201—П203, П213, П214 с любыми буквенными индексами. Коэффициент передачи тока у транзистора T_1 должен быть не менее 30, а у T_2 — не менее 20. Стабилитрон Д813 можно заменить на Д814Д. Переменный резистор R_2 устанавливают типа СП-2А или СП-2В. Во втором случае шкала регулировки выходного напряжения получится более неравномерной, но улучшается плавность регулировки в области малых напряжений. Резистор R_4 — проволочный, типа ПЭ. Его можно изготовить самостоятельно, намотав 20—25 м провода ПЭШОК 0,35 на любой жаропрочный каркас, а также составить из четырех проволочных остеклованных резисторов, два из которых должны иметь сопротивление по 510 Ом, а два — по 470 Ом. Налаживание стабилизатора сводится к подбору сопротивления резистора R_1 для получения требуемого минимального выходного напряжения.

Наиболее существенным недостатком транзисторных стабилизаторов с последовательным включением регулирующего элемента является уязвимость его при коротком замыкании нагрузки или значительной перегрузке стабилизатора по току. Действительно, через регулирующий транзистор проходит весь ток нагрузки. Вследствие этого при перегрузке или коротком замыкании на выходе стабилизатора ток через регулирующий транзи-

стор, падение напряжения между его коллектором и эмиттером и рассеиваемая на нем мощность, как правило, превышают значения, допустимые для этого транзистора. В результате он в течение короткого времени выходит из строя.

Для повышения эксплуатационной надежности стабилизаторов в них вводят защитные устройства. Они особенно необходимы при экспериментальных работах, когда вероятность коротких замыканий и токовых перегрузок велика. Плавкие предохранители в цепи питания или последовательно с регулирующим транзистором не обеспечивают необходимого быстродействия защиты ввиду того, что предохранитель обладает достаточной большой тепловой инерцией. Ток через транзистор и падение напряжения на нем превысят допустимые значения до того, как сработает предохранитель, и транзистор выйдет из строя.

Электромагнитные реле также не могут защитить транзистор от пробоя потому, что время срабатывания реле больше, чем время нарастания тока через транзистор. Это особенно заметно в случае использования в качестве регулирующих транзисторов с высокими граничными частотами. Надежную защиту регулирующего транзистора от перегрузок могут выполнить только быстродействующие электронные устройства. В основу их действия положен принцип ограничения или полного выключения тока через регулирующий транзистор при перегрузке стабилизатора или при значительном повышении входного напряжения.

При выборе типа регулирующего транзистора для стабилизатора с защитой следует учитывать, что при коротком замыкании его выхода на регулирующем транзисторе падает полное входное напряжение. Поэтому максимально допустимое напряжение коллектор — эмиттер этого транзистора должно быть не меньше максимального входного напряжения, подаваемого на стабилизатор в отсутствие нагрузки.

Здесь приводится несколько схем стабилизаторов с электронной защитой от перегрузок. Все они рассчитаны на входное напряжение 18 В и ток нагрузки 150 мА. Напряжение на выходе этих стабилизаторов можно изменять от 8 до 12 В с помощью переменного резистора. Защита срабатывает при токе нагрузки, превышающем 200 мА. Регулирующие транзисторы стабилизаторов следует устанавливать на радиаторах, рассчитанных на мощность рассеивания не менее 2,5 Вт.

В стабилизаторе, схема которого дана на рис. 8-5, использована одна из простейших схем защиты от коротких замыканий на выходе и перегрузок. Устройство защиты собрано на транзисторе T_2, стабилитроне $Д_1$, включенном в прямом направлении, и резисторах R_2 и R_3. Пока ток нагрузки $I_{вых}$ не превышает допустимого значения, падение напряжения на резисторе R_3 меньше, чем на диоде $Д_1$. К переходу база-эмиттер транзистора приложено напряжение, равное разности этих напряжений. С ростом тока нагрузки падение напряжения на резисторе R_3 увеличивается. Вследствие этого напряжение на базе транзистора T_2 уменьшается, затем становится равным нулю и далее меняет свой знак. При некотором значении уже отрицательного напряжения на базе T_2 он открывается. В результате этого база транзистора T_1 подключается через транзистор T_2 и открытый диод $Д_1$ к положительному полюсу выходного напряжения. Транзистор T_1 начинает закрываться и ток, потребляемый от выпрямителя, уменьшается. Как только перегрузка будет устранена, нормальная работа стабилизатора восстанавливается. Стабилитрон $Д_1$ обеспечивает пороговое значение тока срабатывания защиты. Если по условиям работы стабилизатора входной и выходной зажимы положительной полярности должны быть соединены вместе, стабилизатор с защитой должен быть выполнен по схеме, приведенной на рис. 8-6. Отличие устройства, собранного по этой схеме, от предыдущего состоит в том, что ограничение тока через регулирующий транзистор T_1 осуществляется шунтированием его эмиттерного перехода входящим в насыщение транзистором T_2. Сопротивление резистора R_3 подбирают по величине порога срабатывания защиты.

На рис. 8-7 приведена схема защиты, позволяющая получить относительно низкое выходное сопротивление стабилизатора. При нормальной нагрузке стабилизатора транзистор T_2 закрыт напряжением, снимаемым со стабилитрона $Д_1$ и подаваемым через делитель R_4, R_3. Так как для надежного закрывания транзистора T_1 доста-

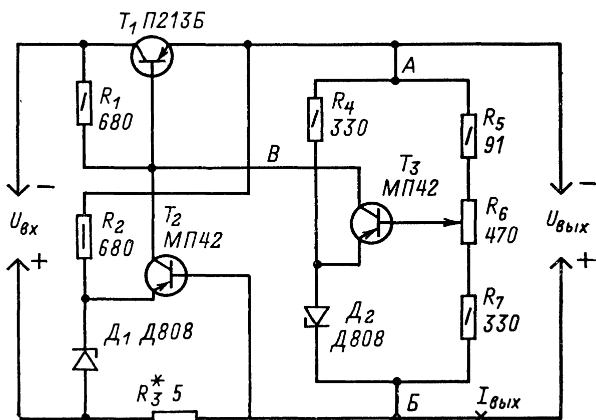


Рис. 8-5. Принципиальная схема стабилизатора с простейшей защитой.

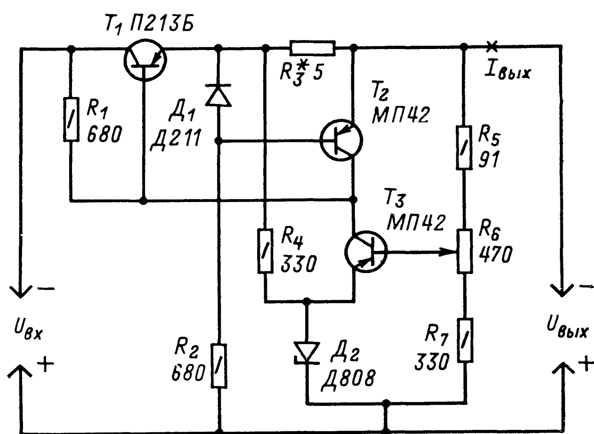


Рис. 8-6. Принципиальная схема стабилизатора с общим положительным проводом.

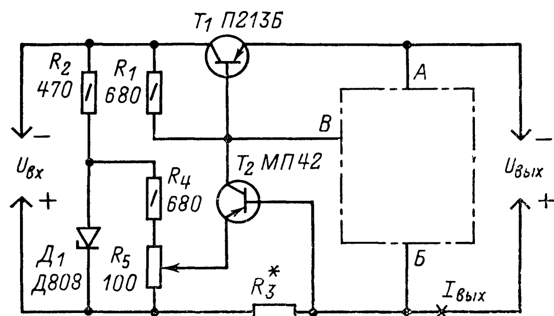


Рис. 8-7. Принципиальная схема устройства защиты стабилизатора с низким выходным сопротивлением.

точно напряжения 0,1 В, сопротивление резистора R_3 может быть значительно меньше, чем в двух предыдущих стабилизаторах. Для упрощения схемы стабилизатора на рис. 8-7 и на трех последующих схемах усилитель постоянного тока на транзисторе T_3 и основной стабилитрон не показаны. Эта часть схемы условно заменена штрихпунктирным квадратом. Усилитель соединен с остальными деталями стабилизатора в точках *А*, *Б*, *В* так же, как на рис. 8-5.

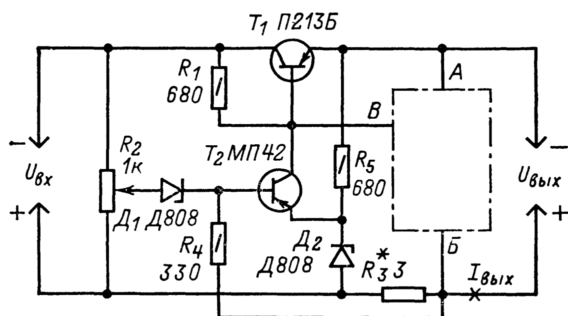


Рис. 8-8. Принципиальная схема первого устройства защиты от повышенного входного напряжения.

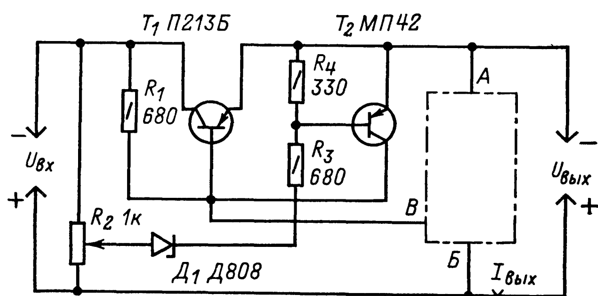


Рис. 8-9. Принципиальная схема второго устройства защиты стабилизатора от токовых перегрузок и повышения входного напряжения.

На рис. 8-8 приведена схема стабилизатора с защитой от токовых перегрузок, коротких замыканий и повышения входного напряжения. С помощью переменного резистора R_2 устанавливают порог срабатывания защиты от повышения входного напряжения. Если напряжение между движком резистора R_2 и положительным полюсом $U_{вх}$ достигает напряжения стабилизации диода $Д_1$, он пробивается, транзистор входит в режим насыщения и закрывает регулирующий транзистор T_1.

Еще одна схема стабилизатора с защитой, срабатывающей при коротких замыканиях на выходе и недопустимо большом напряжении на входе, приведена на рис. 8-9. При коротком замыкании на выходе напряжение на стабилитроне превышает напряжение пробоя, стабилитрон переходит в режим пробоя, а транзистор T_2 — в состояние насыщения. Открытый транзистор T_2 шунтирует эмиттерный переход регулирующего транзистора и последний закрывается. При увеличении входного напряжения сверх допустимых пределов происходят аналогичные явления. Резистор R_2 ограничивает ток через стабилитрон при коротком замыкании на выходе стабилизатора.

Порог срабатывания в двух последних стабилизаторах устанавливают переменным резистором R_2 и R_5.

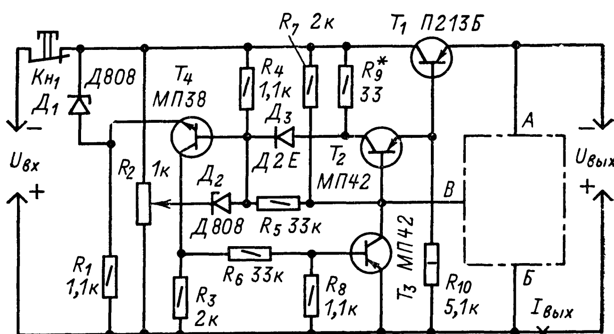


Рис. 8-10. Принципиальная схема устройства защиты стабилизатора с регулирующим элементом на составном транзисторе.

Наличие резистора R_3, устанавливаемого в общем проводе стабилизаторов, часто бывает нежелательным, так как в аварийном режиме на этом резисторе рассеивается значительная мощность. В стабилизаторе, схема которого изображена на рис. 8-10, упомянутый резистор отсутствует. В этом стабилизаторе в качестве регулирующего элемента применен составной транзистор T_1, T_2. Номинальное выходное напряжение стабилизатора 9 В, ток нагрузки 1,5 А. На вход стабилизатора подается 14 В. Защита срабатывает от тока 2 А на выходе стабилизатора и при повышении входного напряжения до 16 В.

Транзистор T_1 должен иметь коэффициент передачи тока не менее 50, а транзисторы T_3 и T_4 — не менее 50—80. Радиатор транзистора T_1 рассчитывается на мощность рассеивания 10 Вт. Устройство защиты этого стабилизатора содержит триггер на транзисторах T_3, T_4, резистор R_9, на котором падает напряжение, пропорциональное току нагрузки, цепочку $R_2Д_2$, реагирующую на превышение выходного напряжения, и делитель напряжения смещения $R_1Д_1$.

Напряжение, падающее на резисторе R_9, через диод $Д_3$, разделяющий цепи обратной связи между транзисторами триггера, приложено ко входу триггера. В отсутствие перегрузок транзисторы триггера закрыты. Это обеспечивается напряжением смещения, снимаемым со стабилитрона $Д_1$, включенного в прямом направлении. Транзистор T_4 закрыт и напряжение на резисторе R_3 отсутствует. Транзистор T_3 тоже закрыт. При увеличении тока нагрузки возрастает падение напряжения на резисторе R_9, и как только оно достигнет некоторого порогового значения, транзистор T_4 открывается. Его коллекторный ток протекает по резистору R_3, создавая на нем прямое смещение для базы транзистора T_3. В результате ПОС через резистор R_5 триггер быстро срабатывает, а его транзисторы входят в режим насыщения. База составного транзистора T_1, T_2 соединяется с положительным полюсом стабилизатора и регулирующий транзистор закрывается.

Аналогично работает защита и при коротком замыкании на выходе стабилизатора. При увеличении входного напряжения выше порогового значения, устанавливаемого резистором R_2, стабилитрон $Д_2$ пробивается, что также приводит к срабатыванию триггера защиты. Включение стабилизатора после устранения перегрузки осуществляется кратковременным нажатием кнопки $Кн_1$.

В последнее время радиолюбители стали широко применять в своих разработках интегральные микросхемы. Здесь приводится описание стабилизатора напряжения, в котором использована интегральная микросхема К1УТ401Б (рис. 8-11). Регулирующим элементом в этом стабилизаторе является составной транзистор

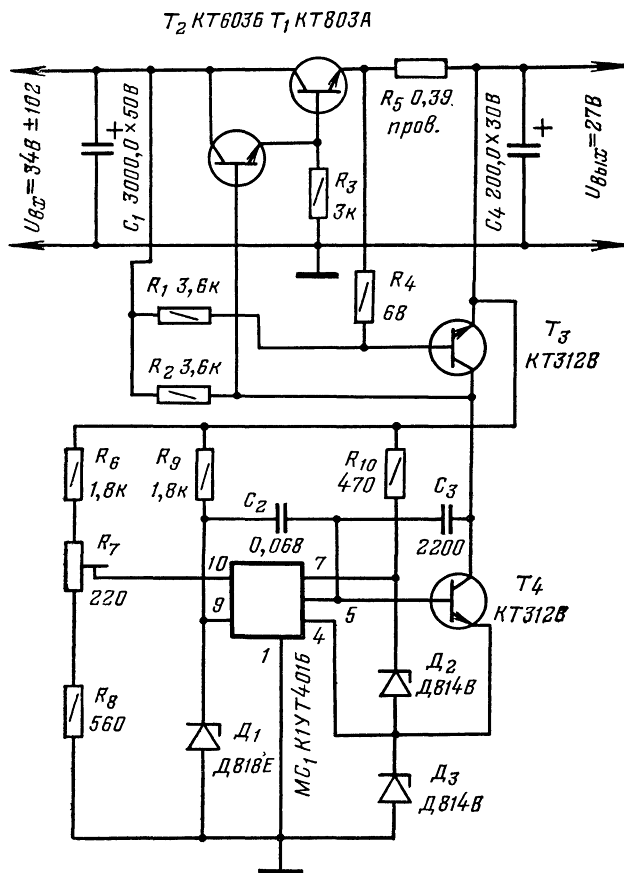


Рис. 8-11. Принципиальная схема стабилизатора с интегральной микросхемой.

T_1, T_2. Устройство защиты от перегрузок и коротких замыканий выполнено на транзисторе T_3. В цепи обратной связи установлена интегральная микросхема $МС_1$, представляющая собой операционный усилитель. Благодаря этому удалось получить высокий коэффициент стабилизации, равный 1500, и очень низкое выходное сопротивление — порядка $2 \cdot 10^{-3}$ Ом.

Номинальное входное напряжение стабилизатора 34 В; на его выходе поддерживается 27 В при изменении входного напряжения в пределах ±10%. Напряжение пульсаций выходного напряжения не превышает 1 мВ при токе нагрузки до 1 А. При изменении тока нагрузки от нулевого значения до максимального, равного 1 А, выходное напряжение меняется не более чем на 0,01%, а при изменении температуры от 20 до 80°С — не более чем на 0,02%.

Стабилизация выходного напряжения осуществляется следующим образом. Опорное напряжение, поступающее со стабилитрона $Д_1$, сравнивается с напряжением, поступающим с делителя R_6—R_8 и являющегося частью выходного напряжения. До тех пор пока эти напряжения равны, на выходе операционного усилителя напряжение отсутствует. Это происходит потому, что напряжение с диода $Д_1$ поступает на инвертирующий вход, а напряжение с делителя подается на неинвертирующий вход микросхемы.

Если выходное напряжение стабилизатора изменится, то на выходе операционного усилителя появится сигнал рассогласования, который через каскад на транзисторе T_4 управляет током базы регулирующего транзистора, изменяя его параметры так, что на выходе восстанавливается номинальное напряжение.

В целях стабилизации параметров операционного усилителя питание его осуществляется от параметрического стабилизатора на стабилитронах $Д_2$, $Д_3$ и резисторе R_{10}. Конденсаторы C_2 и C_3 служат для предотвращения возможной генерации стабилизатора на высоких частотах. Устройство защиты, собранное на транзисторе T_3, действует следующим образом. Смещение на базе T_3 определяется падением напряжения на резисторе R_5 и потенциалом общей точки резисторов R_1 и R_4. В отсутствие перегрузки стабилизатора транзистор T_3 закрыт. Как только ток на выходе стабилизатора превысит допустимое значение, падение напряжения на резисторе R_5 увеличится. Достигнув 0,6 В, это напряжение откроет транзистор T_3, коллекторный ток которого создаст падение напряжения на резисторе R_2. Это напряжение поступает на базу транзистора T_2, вызывая частичное закрывание его, а также составного регулирующего транзистора, и в результате уменьшение выходного напряжения и тока. После устранения причин, вызвавших перегрузку, нормальная работа стабилизатора автоматически восстанавливается.

Транзисторы T_1 и T_2 необходимо устанавливать на радиаторе площадью не менее 300 см². В радиаторе сверлят отверстие по диаметру корпуса транзистора T_2, в которое его вставляют с тугой посадкой на клею. Если коэффициент передачи тока транзистора T_1 больше 30, транзистор T_2 может работать без радиатора. Вместо транзистора КТ803А в стабилизаторе можно установить КТ903Б или П702, вместо КТ603Б—КТ801Б или КТ602Б, а вместо КТ312В—КТ315Б, КТ316Е или МП111.

Простые преобразователи напряжения

В практике радиолюбителя часто возникает необходимость получения относительно высокого (150—300 В) постоянного или переменного напряжения от низковольтных источников питания: гальванических батарей или аккумуляторов. Такая необходимость возникает при измерении очень больших сопротивлений, использовании сетевой электробритвы в автомобиле, питании лампы, фотовспышки, импульсной лампы батарейного тахометра, цифровых газоразрядных индикаторов, устройств с низковольтным питанием и др.

В простейшем случае для питания маломощных потребителей тока типа электробритвы можно использовать простейшие преобразователи. Первый из них, схема которого изображена на рис. 8-12, предложен радиолюбителем В. Ганичевым. Этот преобразователь служит для получения постоянного напряжения 220 В от источника постоянного напряжения 12 В. Преобразователь состоит из двухтактного автогенератора, собранного на транзисторах T_1 и T_2, повышающего трансформатора $Тр_1$, служащего одновременно индуктивным элементом генератора, и выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$. Транзисторы генератора работают в ключевом режиме поочередно: то открываясь до насыщения, то полностью закрываясь. Такой режим наиболее благоприятен с точки зрения к. п. д., так как снижаются потери на транзисторах, уменьшается их нагрев. Это позволяет выбрать небольшие радиаторы охлаждения. Частота генератора при выбранных деталях составляет около 1 кГц, к. п. д. — 70%. Ток, потребляемый преобразователем, не превышает 1,4 А, ток нагрузки при напряжении 220 В достигает 60 мА. Трансформатор $Тр_1$ выполнен на ленточном тороидальном магнитопроводе из сплава 50НП, толщина ленты 0,05 мм, наружный диаметр магнитопровода 40 мм, внутренний 25 мм, высота 16 мм. Обмот-

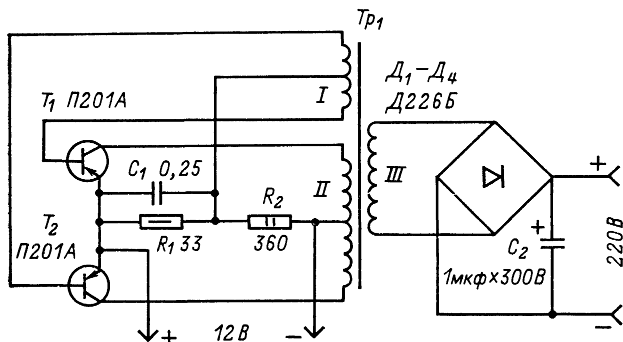


Рис. 8-12. Принципиальная схема преобразователя с одним трансформатором.

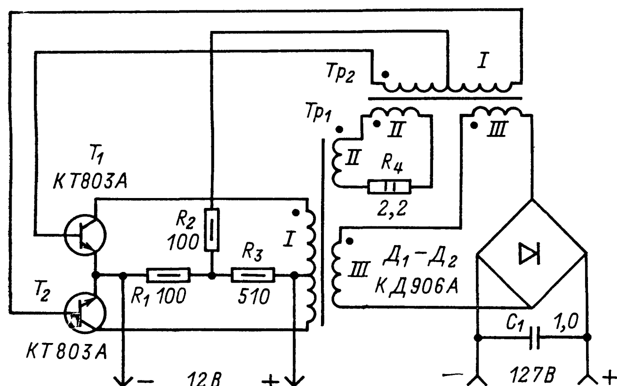


Рис. 8-13. Принципиальная схема преобразователя напряжения с двумя трансформаторами.

ка *I* состоит из 10+10 витков провода ПЭЛ 0,2, обмотка *II* содержит 35+35 витков провода ПЭЛ 0,6 и обмотка *III* — 630 витков ПЭЛ 0,15. При использовании Ш-образного магнитопровода из обычной трансформаторной стали сечение его среднего керна должно быть не менее 1,3 см^2, а размеры окна таковы, чтобы в нем уместились обмотки, число витков в этом случае должно быть увеличено в 1,2 раза. Радиаторы, на которых устанавливают транзисторы T_1 и T_2, выполняют из медной или алюминиевой пластины толщиной 2 мм, размерами 40×40 мм.

Налаживание преобразователя заключается в правильном подключении выводов обмотки *I* трансформатора $Тр_1$. Если генератор не возбуждается, что легко установить по отсутствию характерного писка, подключение выводов обмотки *I* следует поменять местами. Следует учесть, что при отсутствии нагрузки трансформатор включенного преобразователя сильно нагревается, поэтому нельзя отключать нагрузку при работающем преобразователе.

Несмотря на простоту и устойчивую работу описанного преобразователя, он все же имеет недостатки. Главный из них — снижение к. п. д. при уменьшении тока нагрузки и наличие неприятного писка с частотой 1 кГц во время работы генератора. Этих недостатков лишен преобразователь, предложенный В. Жанковой (рис. 8-13). Благодаря применению двух трансформаторов в преобразователе существует сильная обратная связь по току. Эта система обратной связи действует так, что при изменениях тока нагрузки соответственно меняются токи баз транзисторов и, следовательно, токи коллекторов. В результате при малых токах нагрузки потери в трансформаторах и на транзисторах уменьшаются, а к. п. д. преобразователя остается практически постоянным и равным 85%.

Вследствие того что частота генератора выбрана относительно высокой (около 20 кГц), преобразователь работает бесшумно. Транзисторы T_1 и T_2 работают в режиме переключения. Потери энергии на них очень незначительны благодаря крутым фронтам импульсов. Это позволило получить высокий к. п. д. и эксплуатировать транзисторы без теплоотводов. Преобразователь потребляет от источника питания ток 0,9 А и при выходном постоянном напряжении 127 В обеспечивает ток до 100 мА.

Обмотка *II* трансформатора $Тр_1$, резистор R_4, обмотка *II* трансформатора $Тр_2$ служат для повышения устойчивости работы генератора преобразователя на холостом ходу. Без этой цепочки преобразователь возбудится на низкой частоте. Это приводит к резкому увеличению мощности, рассеиваемой транзисторами, их перегреву и выходу из строя.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на ферритовом кольце М2000НМ1 типоразмер К28×16×9. Обмотка *I* состоит из 26+26 витков ПЭВ-2 0,51; обмотка *II* содержит 3 витка провода ПЭВ-2 0,35; обмотка *III* — 300 витков ПЭВ-2 0,2. Трансформатор $Тр_2$ намотан на кольце К16×10×4,5 из того же феррита. Обмотка *I* его содержит 15+15 витков, обмотка *II* — 2 витка и *III* — 15 витков. Все они намотаны проводом ПЭВ-2 0,35.

При правильном подключении обмоток трансформаторов преобразователь не требует специального налаживания. Иногда для более устойчивой работы на холостом ходу требуется несколько изменить сопротивление резистора R_4. В выпрямителе при отсутствии диодной матрицы КД906А можно использовать четыре диода Д202—Д205.

В некоторых случаях в качестве первичного источника питания используется один-два гальванических элемента с напряжением 1,5—3 В. Однако большая часть транзисторной аппаратуры бытового назначения рассчитана на питание напряжением 9—12 В. Для того чтобы повысить напряжение первичного источника, В. Львов предложил несложный преобразователь, схема которого изображена на рис. 8-14. Если напряжение первичного источника питания составляет 1,5 В, то на выходе преобразователя получают 8—9 В при токе нагрузки 25—35 мА. При напряжении первичного источника 3 В на нагрузке можно получить 12 В при токе

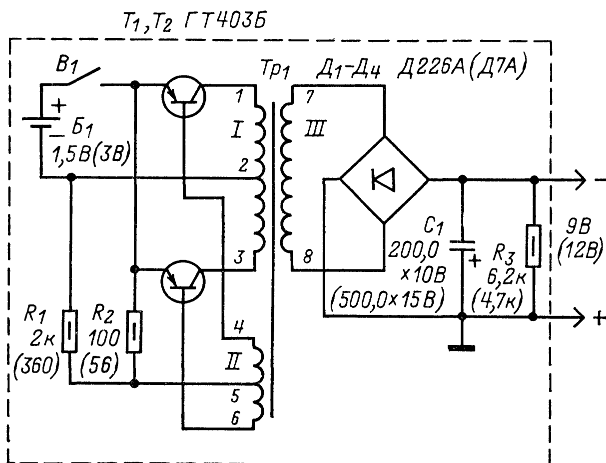


Рис. 8-14. Принципиальная схема низковольтного преобразователя.

нагрузки до 120 мА. В схеме на рис. 8-14 для этого случая номиналы деталей указаны в скобках и данные трансформатора будут другими.

Принцип действия преобразователя такой же, как двух предыдущих. Это автогенератор на двух транзисторах. Сильная обратная трансформаторная связь приводит к тому, что транзисторы работают в ключевом режиме. Этому же способствует и выбор материала магнитопровода трансформатора, имеющего прямоугольную петлю гистерезиса. Напряжение ПОС снимается с обмотки *II* трансформатора. Резисторы R_1, R_2 создают необходимое начальное смещение, делающее работу преобразователя более устойчивой, а режим работы транзисторов — более экономичным. Мощность, потребляемая преобразователем на холостом ходу при напряжении первичного источника 1,5 В, не превышает 0,07 Вт, при 3 В — 0,3 Вт. Переменное напряжение, снимаемое с обмотки *III*, выпрямляется диодным мостом ($Д_1$—$Д_4$). Конденсатор C_1 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. В результате при более низковольтном источнике пульсации не превышают 1 мВ, а при более высоковольтном 3 мВ.

Для уменьшения потерь и повышения КПД желательно использовать среднечастотные транзисторы с малым напряжением между эмиттером и коллектором в режиме насыщения. На частоте преобразования 2 кГц, получаемой при номиналах деталей, указанных на рис. 8-14, хороших результатов достигают при использовании транзисторов ГТ403, на более высоких частотах — П605, КТ803—КТ805. Преобразователи, работающие на более низких частотах, можно собирать и на транзисторах П201—П203, П213—П217. В любом случае транзисторы двухтактного преобразователя должны иметь близкие значения коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ Максимально допустимое напряжение для этих транзисторов должно быть не менее удвоенного напряжения батареи питания. Это требование необходимо выполнять, потому что при закрытом в данный момент транзисторе к нему прикладывается напряжение, равное сумме напряжений батареи и э. д. с., наведенной в отключенной половине первичной обмотки и численно равной напряжению батареи. Кроме того, э. д. с. может иметь выброс, возникающий в момент закрывания транзистора. Величина этого выброса зависит от индуктивности рассеивания трансформатора, его межвитковой емкости и скорости уменьшения коллекторного тока. Следовательно, качество изготовления трансформатора играет важную роль, и от этого зависит, насколько полно он используется в преобразователе.

В устройстве использованы резисторы МЛТ-0,5 и электролитический конденсатор К50-6. Трансформатор для более низковольтного преобразователя собирают на магнитопроводе тороидальной формы 12/14-3 из пермаллоя 34НКМП. Обмотки *I* и *II* содержат по 100 витков с отводом от середины. Они выполнены проводом ПЭВ-2 0,31 и 0,1 соответственно. Обмотка *III* имеет 380 витков провода ПЭВ-2 0,2.

Трансформатор можно намотать и на Ш-образном магнитопроводе из пермаллоя 50НП (от трансформаторов НЧ радиоприемника «Селга»). Однако в этом случае мощность, потребляемая преобразователем на холостом ходу, увеличится почти вдвое, а оптимальная частота составит 700 Гц. Обмотка *III* трансформатора с таким сердечником должна содержать 200 витков того же провода. Обмотку *I* следует наматывать проводом ПЭВ-2 0,27. Трансформатор для преобразователя, работающего от первичного напряжения 3 В, наматывают на таком же тороидальном сердечнике. Обмотка *I* имеет 2×100 витков провода ПЭВ-2 0,31, обмотка *II* — 2×80 витков провода ПЭВ-2 0,1 и обмотка *III* — 480 витков провода ПЭВ-2 0,23.

Одной из наиболее трудновыполнимых деталей упомянутых преобразователей является трансформатор. Этот трансформатор имеет пять обмоток, его необходимо наматывать так, чтобы индуктивность рассеивания и межвитковая емкость были как можно меньше. Это усложняет его конструкцию и не позволяет использовать готовые трансформаторы от промышленной аппаратуры.

Попытки изменить схему преобразователя так, чтобы в нем было возможно применить трансформатор от приемника или усилителя, привели к созданию устройства, схема которого изображена на рис. 8-15. Устройство предложено В. Крыловым. При изготовлении такого преобразователя можно использовать готовые силовые или выходные трансформаторы, имеющие обмотку с выводом от средней точки. В этом преобразователе транзисторы, как и обычно, работают в ключевом режиме, т. е. поочередно переходят из открытого состояния в закрытое и обратно, подключая к источнику питания то одну, то другую половину первичной обмотки. Во вторичной обмотке при этом индуцируются прямоугольные импульсы.

Работает такой преобразователь следующим образом. Будем считать исходным момент времени, когда транзистор T_1 открыт, а T_2 закрыт. Конденсатор C_2 в

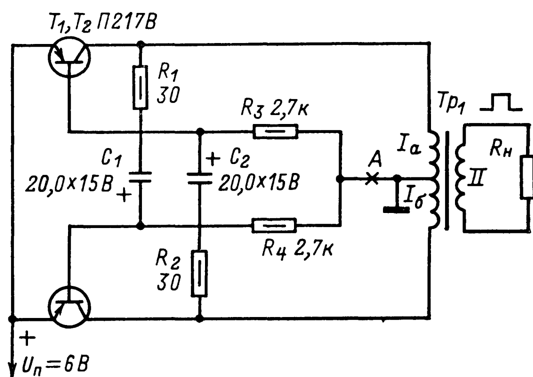


Рис. 8-15. Принципиальная схема преобразователя с простым трансформатором.

этот момент заряжен до напряжения, приложенного к участку коллектор-эмиттер транзистора T_2. Оно равно сумме напряжения источника питания и напряжения, индуцируемого в обмотке *Iб*, или приблизительно удвоенному напряжению источника питания. Ток в обмотке *Iа* при этом линейно возрастает. Когда он достигает максимального значения, напряжения, наводимые в обмотках, начнут уменьшаться. Это приведет к понижению (по абсолютной величине) потенциала коллектора транзистора T_2, и конденсатор C_2 начнет разряжаться. Ток разряда этого конденсатора создаст на базе транзистора T_1 положительный потенциал и он начнет закрываться. Напряжение на его коллекторе начнет увеличиваться, что вызовет начало заряда конденсатора C_1. Ток заряда конденсатора C_1 заставляет транзистор T_2 все больше открываться. Это приводит к дальнейшему уменьшению потенциала его коллектора, что способствует увеличению разряда конденсатора C_2. Процесс продолжается до тех пор, пока транзистор T_1 полностью не закроется, а транзистор T_2 не будет полностью открыт. Напряжение источника питания теперь будет приложено к обмотке *Iб* и в ней происходит лавинное нарастание тока. Как только ток в этой обмотке достигнет максимального значения, процесс переключения транзисторов полностью повторится.

Лавинообразный характер переходных процессов, обеспечиваемый благодаря ПОС через конденсаторы, способствует формированию во вторичной обмотке прямоугольных импульсов с крутыми фронтами. Резисторы R_3 и R_4 ограничивают токи баз транзисторов в режиме насыщения, а резисторы R_1 и R_2 служат для создания

необходимого времени заряда и разряда конденсаторов, определяющего длительность импульсов, и скважности между ними.

Напряжение на нагрузке определяется данными вторичной обмотки трансформатора. При желании получить на выходе постоянное напряжение следует на выходе преобразователя установить диодный мостовой выпрямитель с фильтрующей емкостью, подобный тем, которые были включены на выходе предыдущих преобразователей.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИГРЫ И ИГРУШКИ

Электронные игрушки

На выставках творчества радиолюбителей, на каком бы уровне они ни проводились, возле радиотехнических игр и аттракционов, игровых автоматов всегда царит особое оживление. Это потому, что здесь все интересно, хотя не всегда просто. С таких устройств нередко начинается творческий путь в электронную автоматику, вычислительную технику, кибернетику.

Вот описания нескольких таких устройств.

Пингвин идет на свет. Эффект этой игрушки заключается в управлении ею лучом света. Если электрическим фонарем осветить только правый глаз фигурки пингвина, то она, слегка переваливаясь и помахивая крыльями, идет направо, если осветить лишь один левый глаз — идет налево, а если сразу оба глаза — то прямо. Короче говоря, пингвин идет на свет. Эта забавная игрушка сконструирована в радиотехническом кружке Новосибирской областной станции юных техников В. Поповым. Сама электромеханическая игрушка «Пингвин» готовая, но она «начинена» дополнительно электроникой. Так, между прочим, поступают многие радиолюбители — конструкторы игрушек.

Принципиальная схема электронной части игрушки изображена на рис. 9-1. Игрушка состоит из двух совершенно одинаковых фотореле, которые, срабатывая, включают электродвигатели механизма движения игрушки. Каждое фотореле представляет собой усилитель тока с фотодиодом на входе и электромагнитным реле на выходе. Фотодиоды вмонтированы в глаза фигурки пингвина.

В усилителях тока фотореле использованы транзисторы разной структуры: *n-p-n* (T_1, T_3) и *p-n-p* (T_2, T_4). Положительные напряжения смещения на базы транзисторов T_1 и T_3, работающих в первых каскадах усилителей, подаются с делителей, образованных: в верхнем (по схеме) фотореле — фотодиодом $Д_1$ и резистором R_1, в нижнем — фотодиодом $Д_2$ и резистором R_2. Оба фотореле и относящиеся к ним электродвигатели M_1 и M_2 питаются от одной общей батареи $Б_1$.

Так как оба фотореле совершенно одинаковы, разберем работу одного из них, например верхнего. По постоянному току участок коллектор-эмиттер транзистора T_1 и эмиттерный переход транзистора T_2 соединены между собой последовательно При таком включении состояние транзистора T_2 определяется состоянием транзистора T_1: если открывается транзистор T_1, то открывается и транзистор T_2.

Пока фотодиод $Д_1$ не освещен, его сопротивление очень большое — около 400 кОм. В это время оба транзистора закрыты, так как напряжение смещения на базе транзистора T_1 мало. При освещении фотодиода его сопротивление уменьшается до 10—30 кОм, отчего положительное напряжение на базе транзистора T_1 резко увеличивается, оба транзистора открываются, срабатывает электромагнитное реле P_1 и его контакты P_1^1 замыкают цепь питания электродвигателя M_1 — пингвин поворачивает в сторону.

Точно так же работает второе фотореле. При освещении только фотодиода $Д_2$ открываются транзисторы T_3 и T_4, срабатывает электромагнитное реле P_2, которое своими контактами P_2^1 замыкает цепь питания электродвигателя M_2 — пингвин поворачивает в другую сторону. При одновременном освещении фотодиодов $Д_1$ и $Д_2$ включаются электродвигатели обоих фотореле, заставляя пингвина двигаться вперед.

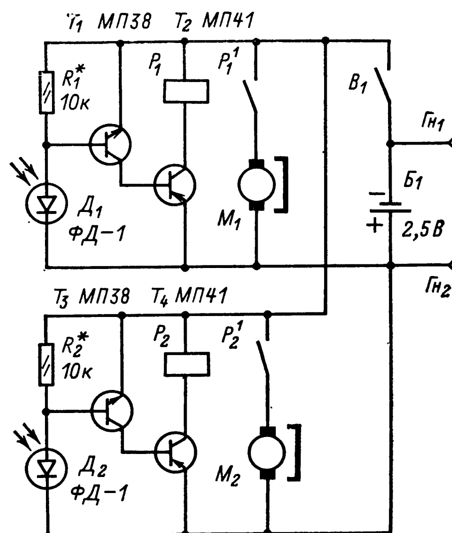


Рис. 9-1. Принципиальная схема светоуправляемой игрушки «Пингвин».

Игрушка со снятым передним щитком показана на рис. 9-2. Электродвигатель с редуктором, приводящий в движение эксцентрические колеса-ноги игрушки, приобретенной в магазине культтоваров, заменен двумя электродвигателями типа ДП-4 и двумя механизмами инерционных двигателей, которые в описываемой игрушке используются в качестве редукторов. На маховиках, ставших шкивами редукторов, сделаны по окружности неглубокие проточки для пассиков, связывающих редукторы с осями электродвигателей. Для пассиков использованы резиновые нитки.

Фотореле и электродвигатели питаются от батареи напряжением 2,5 В, составленной из четырех дисковых аккумуляторов Д-0,5 (смешанное соединение). Батарея размещена сзади монтажной платы. Для ее подзарядки предусмотрены гнезда (на схеме — $Гн_1$, $Гн_2$), к которым подключается зарядное устройство.

Детали обоих фотореле, кроме фотодиодов, которые находятся против отверстий в глазах фигурки пингвина, смонтированы на общей гетинаксовой плате размерами 40×55 мм. Коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ всех транзисторов должен быть не менее 50 и по возможности одинаков для транзисторов T_1, T_2 и T_3

T_4. Чем больше коэффициент $h_{21Э}$ и меньше обратные токи коллекторов $I_{К0}$ транзисторов, тем чувствительнее будут фотореле. Вместо транзисторов МП38 можно использовать транзисторы МП35 — МП37, вместо транзисторов МП41 — любые другие маломощные низкочастотные транзисторы структуры *р-п-р* (МП39, МП40, МП42); вместо фотодиодов ФД-1 — фоторезисторы ФСК-1. Электромагнитные реле P_1 и P_2 — ти-

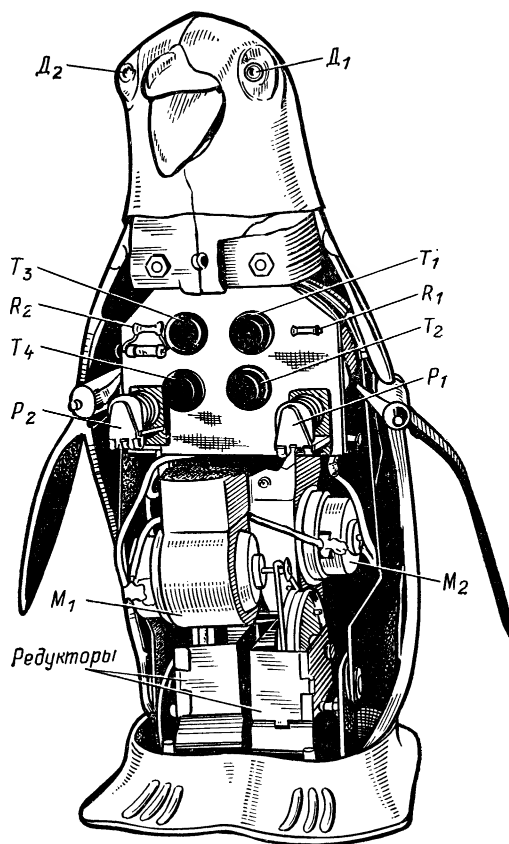


Рис. 9-2. Конструкция игрушки.

па РЭС-10 с обмотками сопротивлением 120 Ом (паспорта РС4.524.303, РС4.524.308). Их пружинные контакты немного ослаблены, чтобы реле надежно срабатывали при выбранном напряжении батареи питания (2,5 В).

Налаживание фотореле заключается в подборе резисторов R_1 и R_2 в базовых цепях транзисторов T_1 и T_3. Надо подобрать резисторы таких номиналов, чтобы фотореле срабатывали при освещении фотодиодов (или фоторезисторов) сфокусированным лучом света круглого электрического фонаря с расстояния не менее 1 м.

Для зарядки аккумуляторной батареи можно использовать выпрямитель, собранный, например, по схеме, показанной на рис. 9-3. Данные трансформатора питания $Тр_1$ могут быть такими: магнитопровод с площадью сечения 4—5 см^2, первичная обмотка 2000—2200 витков провода ПЭВ-1 0,1—0,12, вторичная обмотка 50—60 витков провода ПЭВ-1 0,2—0,3. В качестве $Тр_1$ можно использовать выходной трансформатор лампового радиовещательного приемника, подключая его первичной обмоткой к электроосветительной сети. Конструкция выпрямителя произвольная.

Подобные фотореле пригодны для электронного оснащения многих других готовых игрушек или моделей с электроприводом для управления ими светом, например модели лунохода, игрушечного танка или трактора с электроприводами на каждую гусеницу. Их размеры позволят разместить в них фотореле повышенной чувствительности, питать которые можно от батареи 3336Л.

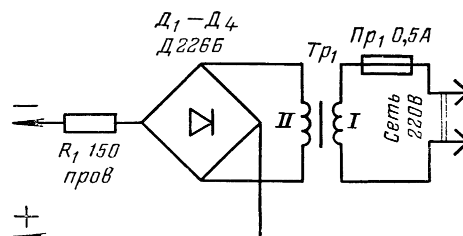


Рис. 9-3. Схема зарядного устройства.

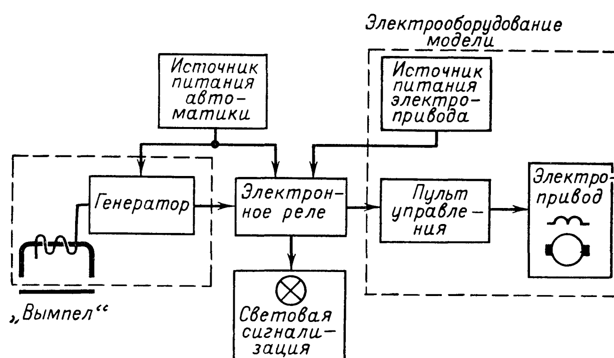


Рис. 9-4. Структурная схема игрушки-планетохода.

Планетоход находит вымпел. Под таким заголовком в «Радио» была опубликована статья Ю. Прокопцева, в которой рассказывалось о том, как дистанционно управляемой игрушкой-планетоходом можно найти металлическую пластинку — «вымпел». Кто скорее найдет «вымпел»? Это уже соревнование, в котором может участвовать несколько любителей подобных игр.

Структурная схема игрушки изображена на рис. 9-4. Чувствительным элементом служит индуктивный генераторный датчик, управляющий электронным реле. Выходы электронного реле соединены с системой световой сигнализации и через пульт управления — с электроприводом модели. Оператор, дистанционно управляя моделью, направляя ее вперед, назад, из стороны в сторону, ведет поиск замаскированного «вымпела». Найденный «вымпел» замыкает магнитопровод индуктивного датчика. При этом резко изменяется режим работы генератора, срабатывает реле. В этот момент модель автоматически останавливается и подает световой сигнал.

Принципиальная схема электронного оборудования игрушки и ее пульта дистанционного управления показаны на рис. 9-5. Имеется в виду, что используется готовая гусеничная игрушка с самостоятельными электроприводами на каждую гусеницу. Кнопкой $Кн_1$ на пульте управления включают электродвигатель M_1, кнопкой $Кн_2$ — электродвигатель M_2. Переключателем B_2 реверсируют питание электродвигателей и тем самым изменяют направление движения модели.

Транзистор T_1 и трансформатор $Тр_1$, магнитопровод которого разомкнут, образуют индуктивный гене-

раторный датчик. При включении питания выключателем B_1 датчик начинает генерировать кратковременные импульсы тока. Частота следования импульсов определяется индуктивностью обмотки *II* трансформатора, включенной в базовую цепь транзистора, и емкостью конденсатора C_1, образующими колебательный контур. Конденсатор C_1 не является обязательным элементом генератора, так как его роль могут выпол-

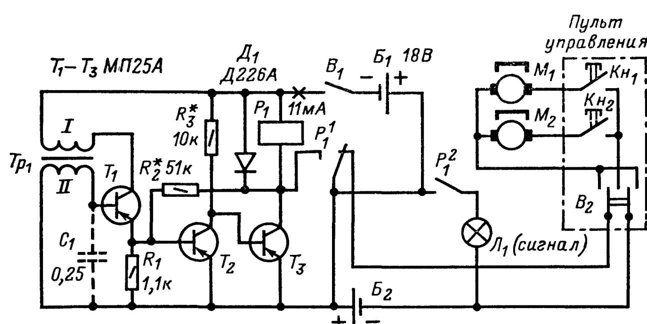


Рис. 9-5. Принципиальная схема игрушки.

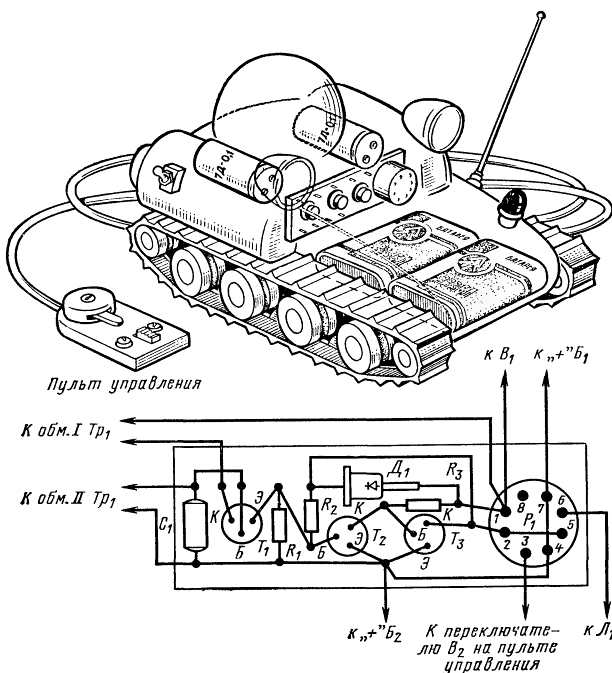


Рис. 9-6. Конструкция модели и схема соединения деталей на монтажной плате.

нять внутренняя емкость обмотки *II* трансформатора и емкость эмиттерного *p-n* перехода транзистора T_1. С резистора R_1, являющегося нагрузкой транзистора T_1, сигнал генератора подается на вход двухкаскадного усилителя тока на транзисторах T_2 и T_3. Связь между этими транзисторами непосредственная. Поэтому когда транзистор T_2 открыт и сопротивление его участка коллектор-эмиттер мало, транзистор T_3 закрыт, и наоборот, когда транзистор T_2 закрыт, то транзистор T_3 открыт. В коллекторную цепь транзистора T_3 включено реле P_1 с двумя группами контактов — переключающей P_1^1 и замыкающей P_1^2. Нормально разомкнутый контакт группы P_1^1 соединен с коллектором транзистора T_3, а нормально замкнутый через пульт управления включен в цепь питания электродвигателей модели. Нормально разомкнутые контакты группы P_1^2 при срабатывании реле включают питание сигнальной лампы $Л_1$.

Пока магнитопровод трансформатора датчика не замкнут «вымпелом», частота следования импульсов генератора наибольшая. При этом среднее значение падения напряжения, создаваемого током генератора на нагрузке R_1, открывает транзистор T_2. Транзистор T_3 в это время закрыт и якорь электромагнитного реле находится в отпущенном состоянии. Но модель движется, так как питание на ее электродвигатель подается через нормально замкнутые контакты P_1^1 и пульт управления.

Когда модель окажется над «вымпелом», эта находка замкнет поле магнитопровода трансформатора, что резко понизит следование импульсов генератора и падение напряжения на его нагрузочном резисторе R_1. Теперь транзистор T_2 почти закроется, транзистор T_3 откроется и заставит реле P_1 сработать. В этот момент нормально замкнутые контакты группы P_1^1 разорвут цепь питания электропривода и модель остановится, а контакты P_1^2, замыкаясь, включат сигнальную лампу $Л_1$. Одновременно замкнувшиеся контакты группы P_1^1 зашунтируют участок коллектор-эмиттер транзистора T_3 и будут удерживать реле P_1 в сработавшем состоянии. Чтобы контакты реле вновь оказались в исходном состоянии, надо модель планетохода отодвинуть от «вымпела» и кратковременно выключателем B_1 обесточить электронную часть модели. Диод $Д_1$, подключенный параллельно электромагнитному реле P_1 в обратном (по постоянному току) направлении, предотвращает электрический пробой транзистора T_3 напряжением, наведенным в обмотке реле при выключении питания.

Возможная конструкция модели планетохода показана на рис. 9-6. Транзисторы, резисторы и электромагнитное реле электронной части смонтированы на гетинаксовой плате, размеры которой определяются в основном свободным местом в модели. Коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ транзисторов должен быть не менее 40. Транзисторы МП25А можно заменить аналогичными им транзисторами МП26 с любым буквенным индексом или транзисторами МП40А, а диод Д226А — любым другим плоскостным полупроводниковым диодом.

Электромагнитное реле P_1 типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.200) с обмоткой сопротивлением 500 Ом и током срабатывания 30 мА. Можно использовать реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) с одной группой переключающихся контактов, но тогда придется отказываться от световой (или другой) сигнализации.

Для трансформатора $Тр_1$ генераторного датчика желательно использовать магнитную систему реле МКУ-48, рассчитанного на переменное напряжение 220 В. Его контакты, подвижный якорь и короткозамкнутое кольцо, находящееся на среднем стержне магнитопровода, удаляют. Обмотка реле, содержащая 1200 витков провода ПЭЛ 0,09, будет обмоткой *I* трансформатора датчика, а поверх нее наматывают 120 витков провода ПЭЛШО 0,12 (можно ПЭВ-1), которые будут обмоткой *II* трансформатора.

Трансформатор датчика помещают в корпус со скругленной донной частью, чтобы не мешать движению модели по неровной поверхности. Его подвешивают к задней части модели на шарнирном кронштейне, как показано на рис. 9-7. Проводники, соединяющие обмотки трансформатора с коллекторной и базовой цепями транзистора T_1 генератора, должны быть гибкими и в надежной изоляции.

Для питания электронного оборудования модели ($Б_1$) используются две аккумуляторные батареи 7Д-0,1

(можно гальванические батареи «Крона») или (если позволяет место в модели) четыре батареи 3336Л, соединенные последовательно. Выбор батареи $Б_2$, питающей ходовую часть, зависит от электродвигателей, установленных на модели.

«Вымпел» представляет собой пластинку в форме пятиугольника со сторонами 50—60 мм, вырезанную из листовой стали толщиной 0,2—0,3 мм.

Его можно накрыть большим листом плотной бумаги или непрозрачной материей с окраской под ланд-

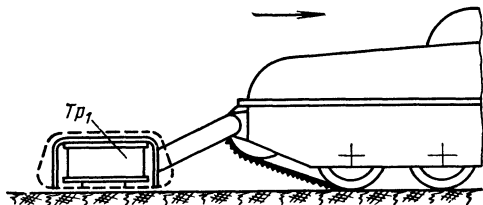


Рис. 9-7. Крепление датчика на модели.

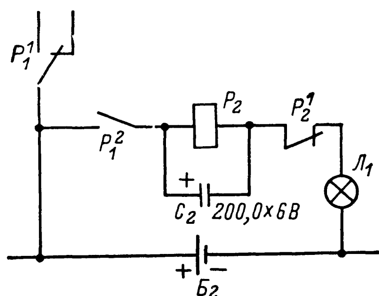


Рис. 9-8. Схема прерывистой световой сигнализации.

шафт «космического тела». Для игры на воздухе «вымпел» можно прятать под одним из кусков листовой резины или плотной бумаги, расстеленных на игровой площадке.

Электронное устройство, собранное безошибочно из предварительно проверенных деталей, начинает работать сразу после включения питания. Надо только, да и то не всегда, подбором резистора R_3 добиться надежного открывания транзистора T_2 при замыкании магнитопровода датчика. Сопротивление резистора зависит от коэффициента передачи тока этого транзистора и может быть в пределах 5,1—20 кОм. Четкость срабатывания электромагнитного реле P_1 регулируют, подбирая сопротивление резистора R_2, через который на базу транзистора T_2 подается начальное напряжение смещения.

Сигнализация о «находке» может быть мигающей, если в ее электрическую цепь ввести электромагнитное реле P_2 типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.203), как показано на рис. 9-8. В этом случае сигнальную лампочку $Л_1$ подключают к батарее $Б_2$ через контакты P_1^2 реле P_1, обмотку и нормально замкнутые контакты P_2^1 дополнительного реле P_2. При обнаружении «вымпела» контакты P_1^1 реле P_1 замыкаются, а реле P_2, зашунтированное электролитическим конденсатором C_2, периодически срабатывает и, замыкая и размыкая свои контакты P_2^1, заставляет лампочку мигать.

Чувствительность датчика в некоторой степени зависит от напряжения батареи, питающей генератор с электронным реле. Как показали эксперименты, при повышении напряжения питающей батареи с 15 до 20—25 В воздушный зазор между опущенными вниз концами магнитопровода датчика-трансформатора и «вымпелом», при котором срабатывает реле, увеличивается примерно от 0,5 до 3 мм. Дальнейшее повышение чувствительности устройства нецелесообразно, так как это снижает точность определения местонахождения «вымпела».

Электронные качели — игрушка-сувенир, разработанная читателем журнала «Радио» Б. Федотовым. Внешний вид возможного конструктивного оформления этой забавной игрушки и схема, дающая общее представление о ее действии, показаны на рис. 9-9. Принцип ее работы основан на взаимодействии полей постоянных магнитов и электромагнитов. Постоянные магниты укреплены на подвижной части игрушки — перекладине, а электромагниты $Эм_1$ и $Эм_2$, питающиеся пульсирующим током — снизу игрушки, против постоянных магнитов. Когда в обмотке электромагнита появляется ток, вокруг его магнитопровода возникает магнитное поле, которое в зависимости от направления тока в обмотке или притягивает постоянный магнит, а вместе с ним подвижную часть игрушки, или, наоборот, отталкивает. В результате игрушка «оживает» — фигурки, сидящие на перекладине, качаются.

Принципиальная схема электронной части игрушки

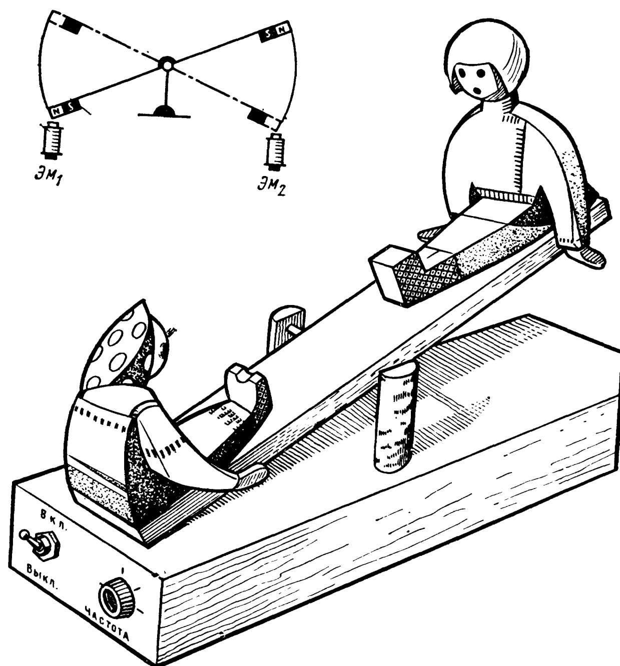


Рис. 9-9. Конструкция электронных качелей и схема, поясняющая принцип их действия.

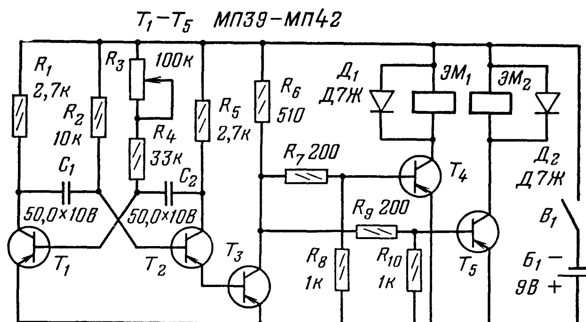


Рис. 9-10. Принципиальная схема электронных качелей.

показана на рис. 9-10. Электромагниты $Эм_1$ и $Эм_2$, приводящие игрушку в действие, питаются импульсами тока, близкими по форме к прямоугольным, источником которых является мультивибратор, собранный на транзисторах T_1 и T_2. Частоту следования импульсов тока, генерируемых мультивибратором, можно изменять с помощью переменного резистора R_3, включенного в базовую цепь транзистора T_1 последовательно с резистором R_4. Когда движок этого резистора находится в крайнем верхнем (по схеме) положении, частота следования импульсов наименьшая — около 20 в минуту, а в крайнем нижнем положении — наибольшая, примерно 60 в минуту. Импульсы усиливаются транзистором T_3, база которого соединена непосредственно с эмиттером транзистора T_2 мультивибратора, снимаются с нагрузочного резистора R_6 и через резисторы R_7 и R_9 поступают на базы транзисторов T_4 и T_5, работающих как усилители тока. В моменты времени, когда транзистор T_3 открыт импульсом тока и сопротивление его участка эмиттер-коллектор мало, транзисторы T_4 и T_5 почти закрыты и их коллекторные токи малы. В промежутках же между импульсами транзистор T_3 закрывается, транзисторы T_4 и T_5, наоборот, открываются. В эти моменты токи коллекторных цепей транзисторов T_4 и T_5 резко увеличиваются, вокруг обмоток электромагнитов $Эм_1$ и $Эм_2$, включенных в эти цепи, возбуждаются магнитные поля, которые и вступают во взаимодействие с постоянными магнитами на перекладине качелей.

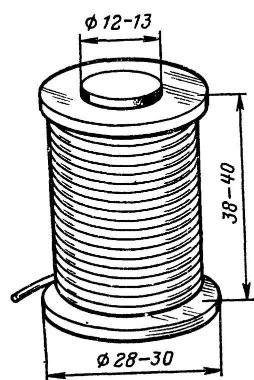


Рис. 9-11. Конструкция электромагнита.

В электронном устройстве игрушки можно использовать любые маломощные низкочастотные транзисторы с коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$ от 10 и больше. Диоды $Д_1$ и $Д_2$, шунтирующие обмотки электромагнитов (они выполняют ту же роль, что и диод $Д_1$ предыдущей игрушки), любые плоскостные, например серий Д7, Д226 с любым буквенным индексом. Резисторы могут быть любых типов, электролитические конденсаторы — К50-3, К50-6. Все эти детали можно смонтировать на картонной, фанерной или гетинаксовой плате размерами примерно 50×100 мм. Плату вместе с батареей питания, составленной из двух батарей 3336Л, размещают в подставке игрушки.

Электромагниты самодельные (рис. 9-11). Для их магнитопроводов надо использовать прутки малоуглеродистой стали диаметром 12—13 и длиной 43—45 мм или магнитопроводы негодных электромагнитных реле типа РКН. Щечки обмоток с внешним диаметром 28—30 мм картонные, из тонкой фанеры или гетинакса. На магнитопровод между щечками надо намотать 2600—2800 витков провода ПЭВ-1 или ПЭЛ 0,24—0,25. Сопротивление обмотки постоянному току, намотанной таким образом, будет около 65 Ом.

Постоянные магниты квадратного или прямоугольного сечения длиной по 25—30 мм или пластинчатого вида, например от магнитных защелок, помещают в канавках на концах пластмассовой или деревянной перекладины в виде бруска длиной 130—150, шириной 15—20 мм и толщиной 10—12 мм. К концам перекладины сверху прикрепляют легкие (по 10—15 г) одинаковые по массе куклы или фигурки животных. Электромагниты размещают под площадкой, выпиленной из листового гетинакса или органического стекла толщиной 2—3 мм так, чтобы их сердечники оказались против одноименных полюсов постоянных магнитов, обращенных к концам перекладины. Изменить полярность электромагнитов можно, поменяв местами выводы обмоток. Перекладина качелей с фигурками на ней должна быть уравновешена и без заметного трения качаться на проволочной стойке, расположенной на высоте 30—35 мм от поверхности основания.

Длительность импульсов в обмотках электромагнитов игрушки выбрана такой, чтобы при первом же импульсе качели пришли в движение. Каждый последующий импульс тока заканчивается до перехода качелей из одного в другое крайнее положение. Обратное движение начинается от следующего импульса тока.

На рис. 9-12 показаны схемы еще двух вариантов электронных качелей. В качелях «Ракета» (рис. 9-12, *а*) оба электромагнита, прижатые друг к другу разнополярными торцами, укреплены на фанерном основании и замаскированы тканью под цвет песка или травы. На наружные торцы наклеены кусочки картона. Постоянный магнит, укрепленный на проволочном коромысле, вместе с ракетой совершает почти полный оборот вокруг неподвижной оси. Коромысло уравновешивают противовесом, укрепленным неподвижно на его другом конце.

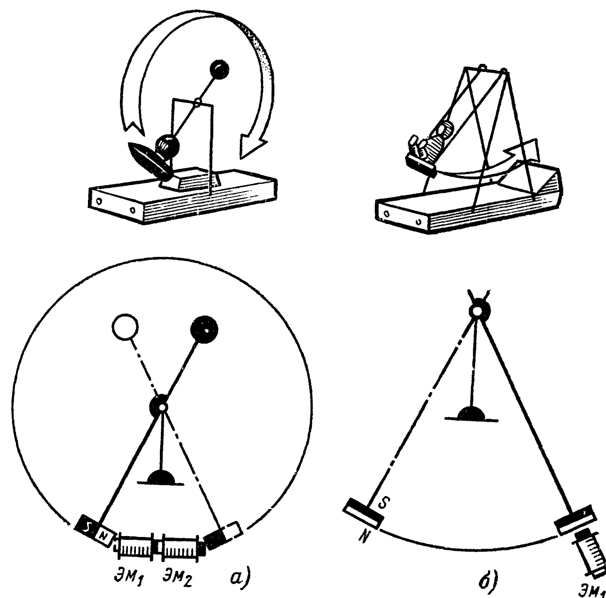


Рис. 9-12. Схемы действия качелей типа «Ракета» (*а*) и подвесных качелей (*б*).

Принцип работы этого варианта электронных качелей, как и качелей-перекладины, основан на взаимном отталкивании одноименных магнитных полей электромагнита и постоянного магнита. Но время движения ракеты по круговой траектории значительно больше времени перехода качелей из одного положения в другое, поэтому и паузы между импульсами тока в обмотках электромагнита должны быть продолжительнее. Сделать это можно, увеличив в мультивибраторе емкость конденсатора C_2 до 200—500 мкФ. Более точно паузу между импульсами подбирают переменным резистором R_3 во время испытания игрушки.

В подвесных качелях (рис. 9-12, *б*) использован один электромагнит, расположенный под углом около 45° к плоскости основания. Кукла укреплена на фанерной площадке, снизу к которой приклеен пластинчатый постоянный магнит (от магнитной защелки). Длина проволочной подвески качелей может составлять 140—150 мм.

Поскольку в этом варианте качелей электромагнит один, на плате электронного устройства монтируют одно

(любое) электронное реле. На торец электромагнита, обращенный к магниту качелей, наклеен тонкий картон. Надо, кроме того, поменять местами включение резистора R_2 и цепочки резисторов R_3R_4, чтобы можно было регулировать как длительность, так и частоту следования импульсов тока в обмотке электромагнита. Во время импульса качающаяся площадка с постоянным магнитом подходит к торцу электромагнита и притягивается им. По окончании импульса, когда поле электромагнита начинает возрастать, качели под действием силы тяжести движутся в обратном направлении, затем возвращаются к электромагниту и притягиваются им в момент возникновения следующего импульса. Так до тех пор, пока не разрядится батарея или будет выключено питание.

Игровые автоматы

Обширны и разнообразны области применения триггеров и мультивибраторов. В цифровых измерительных приборах, таких, скажем, как, например, счетчики импульсов, частотомеры, тахометры, триггер является одним из основных элементов. В бесконтактных переключателях, программных автоматах, электромузыкальных инструментах, электронных часах и многих других бытовых приборах тоже работают триггеры и мультивибраторы. Эти электронные устройства нашли широкое применение в игровых автоматах.

Игровой автомат, принципиальная схема которого приведена на рис. 9-13, разработал Г. Томас. Автомат представляет собой генератор двух чисел (сокращенно ГДЧ). Состоит он из симметричного мультивибратора на транзисторах T_3 и T_4, триггера с раздельными входами, собранного на транзисторах T_1 и T_2, и лампочек $Л_1$ и $Л_2$, являющихся индикаторами электрического состояния транзисторов триггера. Мультивибратор генерирует импульсы тока частотой примерно 80 Гц, которые управляют транзисторами триггера. Баллон одной лампочки, например $Л_1$, зеленый, другой ($Л_2$) — красный, отсюда и название игры «Зеленый или красный».

Рассмотрим работу игрового автомата подробнее. После включения питания выключателем $В_1$ один из транзисторов триггера открывается, второй закрывается. При этом загорается зеленая или красная лампочка, т. е. та, которая включена в коллекторную цепь открытого транзистора. При нажатии кнопки $Кн_1$ мультивибратор начинает генерировать электрические колебания. Период его колебаний равен приблизительно 13 мс. Это значит, что в течение 6,5 мс (полпериода) открыт один

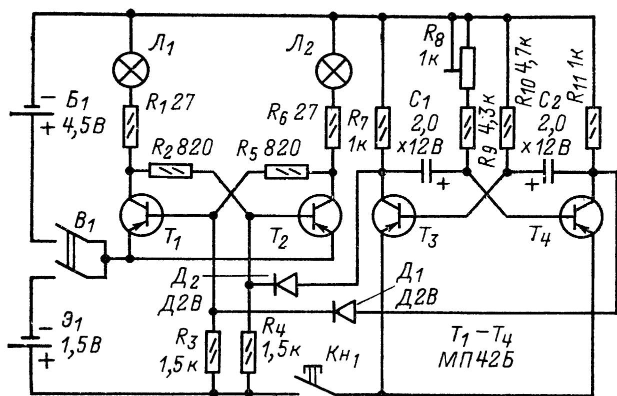


Рис. 9-13. Принципиальная схема ГДЧ.

транзистор мультивибратора и столько же времени (в последующие полпериода) открыт второй его транзистор. При открывании транзистора T_3 импульс положительного напряжения с его коллектора через диод $Д_2$ поступает на базу транзистора T_2 и закрывает его. При этом открывается транзистор T_1 триггера и загорается лампочка $Л_1$ (зеленая). В последующие полпериода, когда открывается транзистор T_4, импульс положительного напряжения с его коллектора через диод $Д_1$ подается на базу транзистора T_1 и закрывает его. Триггер переключается в другое устойчивое состояние, и загорается красная лампочка $Л_2$. Таким образом, при нажатой кнопке $Кн_1$ мультивибратор поочередно, через каждые 6,5 мс, переключает транзисторы триггера из одного устойчивого состояния в другое, которые, в свою очередь, включают зеленую и красную лампочки $Л_1$ и $Л_2$. Но при такой частоте переключения лампочек их нити накаливаются слабо и светятся тускло. Чтобы они светились ярко, их нити должны накаливаться непрерывно.

При отпускании кнопки $Кн_1$ цепь питания мультивибратора разрывается и он перестает генерировать электрические колебания. Триггер, цепь питания которого не разрывается, продолжает сохранять то состояние, которое соответствует последнему импульсу, поступившему с мультивибратора. Если, например, последний импульс поступил с коллектора транзистора T_3, то будет гореть лампочка $Л_1$ (зеленая), если с коллектора транзистора T_4 — лампочка $Л_2$ (красная).

В ГДЧ можно использовать транзисторы МП42А, МП42Б с коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$ не менее 20. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — точечные, типа Д2В или Д9В. Все постоянные резисторы — на мощность рассеяния не менее 0,125 Вт, переменный резистор R_8 — СП-0,5. Электролитические конденсаторы C_1 и C_2 — на номинальное напряжение не менее 10 В. Выключатель $В_1$ — тумблер ТП1-2. Кнопка $Кн_1$ может быть самодельной (две контактные пружины электромагнитного реле). Вместо кнопки можно использовать тумблер на два положения. Лампочки $Л_1$ и $Л_2$ — на напряжение 2,5 В и ток накала 0,075 А. Источники питания: $Б_1$ — батарея 3336Л, $Э_1$ — элемент 332.

Конструкция ГДЧ произвольная. Все его детали вместе с источниками питания можно разместить и смонтировать на панели размерами примерно 100×200 мм, выпиленной из листового гетинакса, текстолита, органического стекла или в крайнем случае сухой фанеры толщиной 1,5—2 мм. Она будет лицевой стенкой корпуса игрового автомата. Отверстия против лампочек, укрепленных с внутренней стороны панели, надо заклеить прозрачными пленками зеленого и красного цветов.

Играющие, а их число может быть любое, по очереди нажимают и отпускают кнопку $Кн_1$ запуска мультивибратора. Выигрывает тот, кто при равном числе ходов (нажатий на кнопку) большее количество раз угадал цвета загорающихся лампочек.

Принципиальная схема другого игрового автомата, сконструированного А. Бирюковым, показана на рис. 9-14. Это модель автоматического светофора, которую можно использовать для игры по изучению правил дорожного движения или подарить как радиотехнический сувенир товарищу, мечтающему стать (или уже ставшему) мото- или автолюбителем.

Автомат, питающийся от одной батареи 3336Л ($Б_1$), состоит из мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2 и триггера со счетным входом на транзисторах T_6 и T_7. Транзисторы T_3 и T_4 являются усилителями токов плеч мультивибратора, транзисторы T_5 и T_8 — усилителями плеч триггера. Относительно источника питания транзисторы T_5 и T_8 включены последовательно с транзистором T_4. Лампочки $Л_1$—$Л_3$ светофора включены в

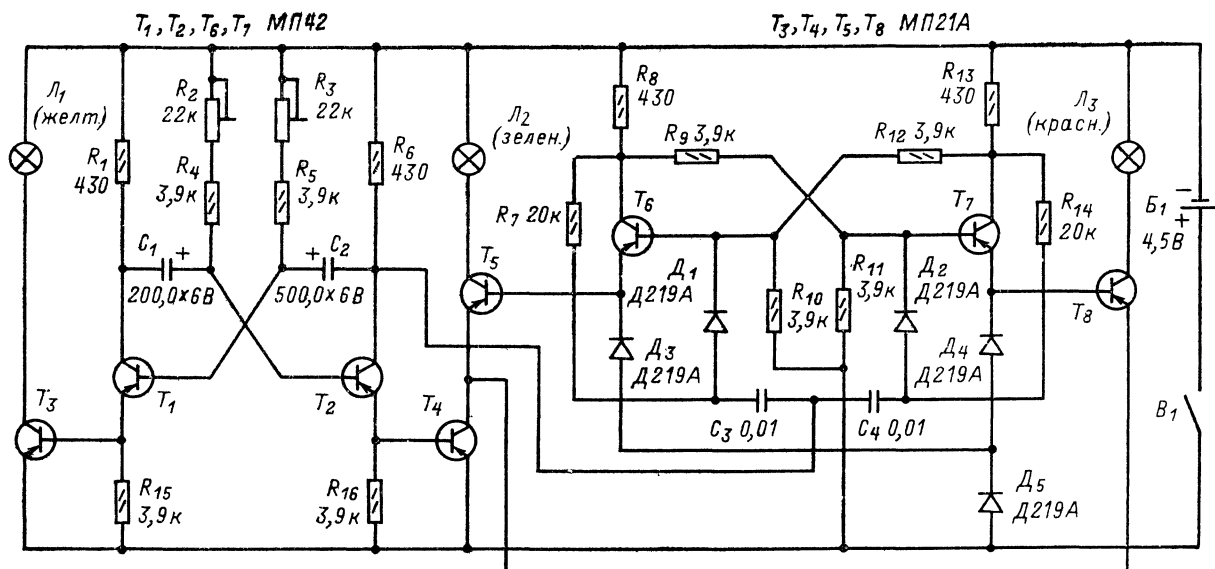


Рис. 9-14. Принципиальная схема модели автоматического светофора.

коллекторные цепи транзисторов T_3, T_5 и T_8. Лампочки $Л_1$ — желтая, $Л_2$ — зеленая, $Л_3$ — красная.

Частоту следования импульсов тока от 1,5 до 9 Гц, генерируемых мультивибратором, можно регулировать подстроечными резисторами R_2 и R_3. Импульсы напряжения, создающиеся на коллекторе транзистора T_2 мультивибратора, поступают на триггер со счетным входом, благодаря чему период переключения транзисторов триггера из одного устойчивого состояния в другое оказывается вдвое больше, чем транзисторов мультивибратора. Когда транзистор T_1 открывается, его эмиттерный ток открывает транзистор T_3, в результате чего загорается лампочка $Л_1$ желтого сигнала светофора. Транзисторы T_2 и T_4 в это время закрыты, а эмиттеры транзисторов T_6 и T_7 триггера через кремниевые диоды $Д_3$—$Д_5$, сопротивление которых значительно меньше сопротивления закрытых транзисторов T_4, T_5, T_8, соединены с общим плюсовым проводником питания.

Когда открывается транзистор T_2, то открывается транзистор T_4, а также один из транзисторов T_5 или T_8 — в зависимости от состояния транзисторов триггера. Предположим, что открыт транзистор T_6 триггера. Тогда открывается транзистор T_5 и загорается лампа $Л_2$ зеленого сигнала светофора. В это время эмиттерный ток транзистора T_6 течет через открытые транзисторы T_5 и T_4, а не через диоды $Д_3$ и $Д_5$, суммарное сопротивление которых больше сопротивления открытых транзисторов. Когда же транзисторы T_2 и T_4 закрываются, а транзисторы T_1 и T_3 открываются, снова загорается лампа $Л_1$ желтого сигнала. При очередном открывании транзистора T_2 мультивибратора транзистор T_3 закрывается и лампа $Л_1$ гаснет, а транзисторы триггера переключаются в другое устойчивое состояние. В результате открывается транзистор T_7 и закрывается транзистор T_6. Одновременно открывается транзистор T_8 и загорается лампа $Л_3$ красного сигнала. Так формируется один полный цикл работы светофора: желтый — зеленый — желтый — красный. Затем, когда вновь открывается транзистор T_2 мультивибратора, цикл повторяется. Длительность желтого сигнала светофора определяется емкостью конденсатора C_1 и суммарным сопротивлением резисторов R_2 и R_4, красного и зеленого сигналов — данными конденсатора C_2 и резисторов R_3 и R_5.

Почти все детали светофора, включая и подстроечные резисторы R_2, R_3, смонтированы на печатной плате размерами 80×80 мм (рис. 9-15), выполненной

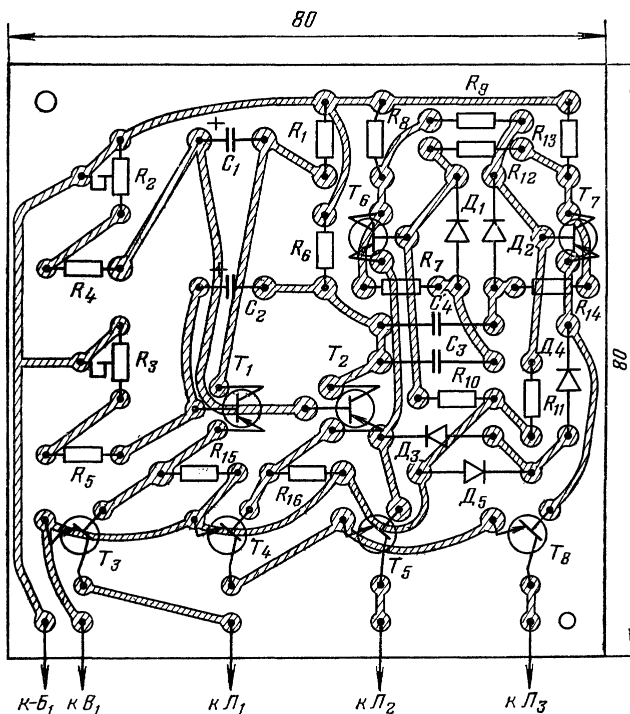


Рис. 9-15. Монтажная плата и схема соединения деталей на ней.

из фольгированного стеклотекстолита (или гетинакса) толщиной 2 мм. В устройстве можно использовать маломощные низкочастотные германиевые транзисторы МП40—МП42, МП20, МП21, МП25, МП26 с любыми буквенными индексами и коэффициентами передачи тока не менее 30. Лампочки $Л_1$—$Л_3$ на напряжение 3,5 В и ток накала 0,15 А. Можно также использовать лампочки, рассчитанные на напряжение 3,5 В и ток накала

0,26 А, но в этом случае транзисторы T_3—T_5 и T_8 должны быть типа МП20, МП21 или более мощные — ГТ402, ГТ403, П213—П217 с коэффициентом передачи тока не менее 40.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — любые маломощные германиевые или кремниевые. Диоды же $Д_3$—$Д_5$ обязательно должны быть кремниевыми, например Д219, Д220, КД102, КД103, КД105. Конденсаторы C_1 и C_2 типа К50-6, C_3 и C_4 — КЛС; резисторы R_2 и R_3 — типа СПО-1.

Внешний вид возможной конструкции модели светофора, выполненной ее автором, показан на рис. 9-16. Сигнальные лампочки смонтированы в картонной коробке размерами 20×25×60 мм, разделенной двумя светонепроницаемыми перегородками на три отсека. Патроны лампочек или проволочные спирали, заменяющие патроны, можмо укрепить на планке из гетинакса, которая будет задней стенкой светофора. Три отверстия в передней стенке надо закрыть цветными светофильтрами, например круглыми пластинками цветного органического стекла. Монтажная плата с батареей и выключателем питания размещена в фанерной коробке размерами 90×85×55 мм, служащей подставкой модели светофора.

Рис. 9-16. Конструкция модели светофора.

Автомат, собранный из заведомо исправных деталей, налаживания не потребует. Если, однако, лампочки вообще не будут переключаться, неисправность следует искать в транзисторах мультивибратора и усилителях тока (T_1—T_4). Если лампочка $Л_1$ желтого сигнала включается поочередно только с какой-либо одной из лампочек $Л_2$ или $Л_3$, то это указывает на неисправность триггера (T_5—T_8). Такая же неисправность может быть следствием разряда батареи питания. Может случиться, что какая-то из лампочек горит заметно слабее других (сравнивать их яркость следует при снятых светофильтрах). Тогда необходимо заменить транзистор, в коллекторную цепь которого включена эта лампочка, транзистором с бо́льшим коэффициентом передачи тока. Если лампочки зеленого и красного сигналов горят значительно слабее лампочки желтого сигнала, тогда следует заменить транзистор T_4.

В описываемом далее игровом автомате роль активных элементов выполняют не транзисторы, а тиратроны МТХ-90. Сконструировал автомат радиолюбитель А. Степанов.

В этот автомат заложена оптимальная стратегия комбинаторной «игры Боше», впервые описанной в 1612 году французом Боше де Мизерьяком. Суть этой игры заключается в следующем. Двое играющих считают до некоторого определенного, заранее обусловленного числа. Делая очередной ход, каждый играющий называет новое число, прибавляя к предыдущему не меньше единицы и не больше десяти. Выигрывает тот, кто первым при очередном ходе называет конечное число.

В описываемой игре человек и его противник — играющий автомат — считают до 12. При очередном ходе к предыдущему числу можно прибавлять один, два или три. Первый ход нажатием кнопки, соответствующей задуманному числу, делает человек. При этом на панели автомата зажигается табло, фиксируя сделанный ход. Стратегия игры автомата основана на правиле: предоставляя первый ход человеку, при каждом «своем» ходе называть число, кратное четырем: четыре, восемь или двенадцать. Обыграть его невозможно.

Внешний вид автомата показан на рис. 9-17, а его принципиальная электрическая схема — на рис. 9-18. Питание автомата осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В через однополупериодный выпрямитель на диоде $Д_1$. Электролитический конденсатор C_{12} сглаживает пульсации выпрямленного тока.

Перед началом игры надо нажать кнопку $Кн_1$ «Сброс». При этом зажигается тиратрон $Л_1$, а все остальные гаснут, так как напряжение на их анодах оказывается недостаточным для самопроизвольного зажигания. Если же после «сброса» сразу нажать кнопку $Кн_{14}$ «Ход автомата», то никаких изменений не произойдет, потому что импульс напряжения, поступающий на управляющие сетки тиратронов $Л_5$, $Л_9$, $Л_{13}$ через резистор R_{14} и конденсаторы C_3, C_6 и C_9, недостаточен для зажигания этих тиратронов.

Первый ход делает партнер автомата — человек. В соответствии с правилами игры он нажимает одну из кнопок $Кн_2$—$Кн_4$, зажигая соответствующий ей тиратрон $Л_2$ (1), $Л_3$ (2) или $Л_4$ (3). При этом на резисторе R_2 возникает падение напряжения, которое через резистор R_3 подготавливает зажигание тиратрона $Л_5$. Если теперь нажать кнопку $Кн_{14}$ «Ход автомата», то на сетки тиратронов $Л_5$, $Л_9$ и $Л_{13}$ будет подан короткий положительный импульс напряжения, который зажжет ранее подготовленный тиратрон $Л_5$ — автомат «назовет» число 4. Одновременно ранее горевший тиратрон ($Л_2$, $Л_3$ или $Л_4$) погаснет. Делая следующий ход, человек должен нажать кнопку $Кн_6$, $Кн_7$ или $Кн_8$, чтобы назвать число 5, 6 или 7. Теперь падение напряжения на резисторе R_6 через резистор R_7 подготавливает к поджигу тиратрон $Л_9$. При очередном нажатии кнопки $Кн_{14}$ «Ход автомата» положительный импульс выпрямленного напряжения через конденсатор C_6 зажигает этот тиратрон, свидетельствуя о том, что автомат «назвал» число 8. Далее человек может нажать только кнопку $Кн_{10}$, $Кн_{11}$ или $Кн_{12}$, т. е. назвать число 9, 10 или 11. На это автомат очередным ходом зажжет тиратрон $Л_{13}$, «называя» число 12, и тем самым выиграет у партнера игру. Кнопки $Кн_5$, $Кн_9$ и $Кн_{13}$ не задействованы (о чем, конечно, партнеры автомата не знают).

Конденсаторы C_1, C_2, C_4, C_5, C_7, C_8 и C_{10}, шунтирующие катодные резисторы R_1, R_2, R_5, R_6, R_8, R_9 и R_{11}, обеспечивают четкое погасание тиратронов. Их емкости могут быть увеличены, но не более чем до 10 мкФ. Дальнейшее увеличение ведет к значительному возрастанию постоянной времени катодных цепей тиратронов, что снижает быстродействие автомата.

Все тиратроны МТХ-90 с относящимися к ним резисторами, кнопками, а также кнопки $Кн_1$ «Сброс» и $Кн_{14}$ «Ход автомата» (на рис. 9-17 — кнопка «ХА»), выключатель питания B_1 и другие детали смонтирова-

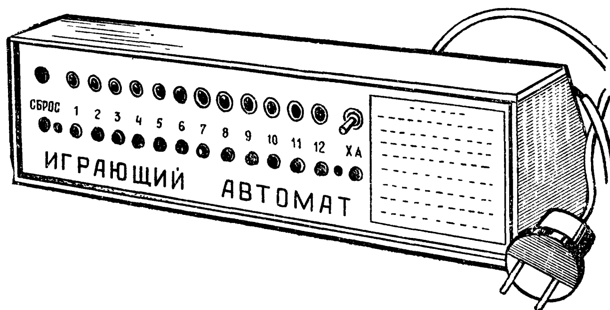


Рис. 9-17. Играющий автомат.

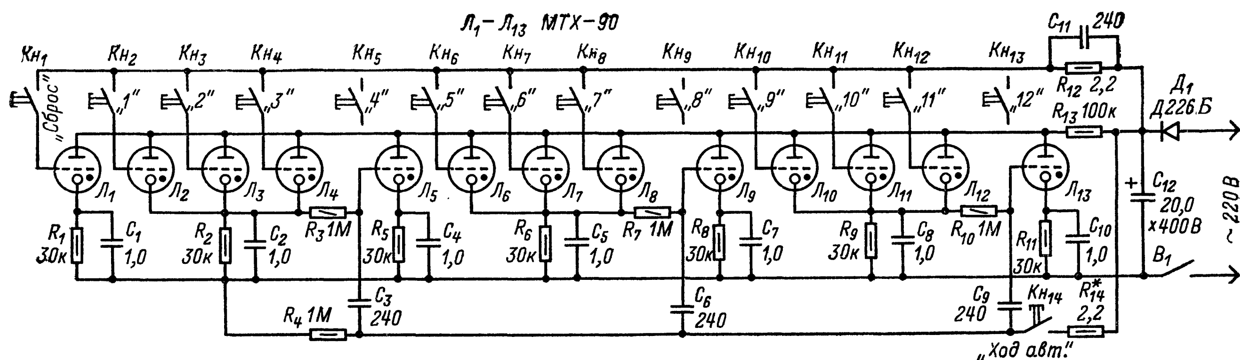


Рис. 9-18. Принципиальная схема играющего автомата.

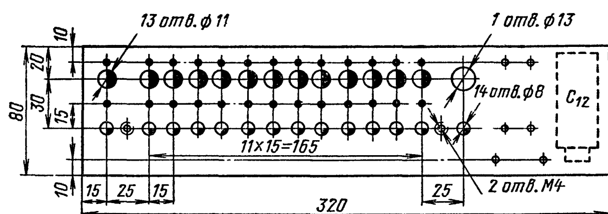


Рис. 9-19. Чертеж монтажной панели играющего автомата.

ны на панели из органического стекла толщиной 3 мм. Чертеж монтажной панели с разметкой всех отверстий в ней показан на рис. 9-19. В места, обозначенные на чертеже точками, вплавляют отрезки медного луженого провода диаметром 1—1,5 мм, к которым припаивают вводы деталей, соединительные проводники. В отверстия диаметром 11 мм вставляют с клеем торцы баллонов тиратронов, в отверстия диаметром 8 мм — кнопки. Отверстие диаметром 13 мм предназначено для выключателя питания. С лицевой стороны панель прикрывает накладка из более тонкого листового органического стекла. На ее внутренней стороне сделаны все надписи. Накладка прикреплена к лицевой панели винтами М2.

В автомате использованы: резисторы R_3, R_7 и R_{10} — МЛТ-0,25, остальные резисторы — МЛТ-0,5; конденсаторы C_1, C_2, C_4, C_5, C_7, C_8 и C_{10} — МБМ на номинальное напряжение 160 В, C_{12} — КЭ-2м, остальные конденсаторы — КСО или КДС; выключатель питания B_1 — тумблер ТВ2-1. Все кнопки ($Кн_1$—$Кн_{14}$) типа КМ-1-1 или любые другие, в том числе и самодельные, работающие на замыкание.

Вся настройка играющего автомата сводится к подбору резистора R_{14}. Его сопротивление должно быть (в пределах 1,5—2,2 МОм) таково, чтобы при нажатии кнопки $Кн_{14}$ «Ход автомата» после кнопки $Кн_1$ «Сброс» тиратроны $Л_5$, $Л_9$ и $Л_{13}$ не зажигались и, наоборот, четко зажигались при нажатии кнопки «Ход автомата» после нажатия одной из кнопок $Кн_2$—$Кн_4$, $Кн_6$—$Кн_8$, $Кн_{10}$—$Кн_{12}$.

В заключение предупреждаем, что этот автомат имеет электрический контакт с питающей его осветительной сетью переменного тока. Поэтому чтобы избавиться от возможных неприятностей, связанных с электросетью, все детали и монтажные проводники должны быть надежно изолированы от играющих.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

БЫТОВАЯ АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, ОЗВУЧИВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ФИЛЬМОВ

Электронная автоматика в быту

Радиолюбители нашли много способов практического применения электронной автоматики. Это, например, приборы автоматического включения и выключения уличного освещения, реле выдержки времени, тахометры, сигнализаторы перегрузки электросети, регуляторы температуры и т. д.

Акустические автоматы. К числу перечисленных приборов относятся и акустические автоматы, предложенные А. Вдовикиным.

Принципиальная схема одного из таких автоматов показана на рис. 10-1. Сигналом, заставляющим сработать этот автомат, может быть свисток, хлопок в ладоши или громко сказанное слово, например СВЕТ! При этом включается исполнительное устройство, скажем, настольная электрическая лампа. Пока вы находитесь возле нее и беседуете с кем-то или работаете, создавая шум, лампа горит. Выключать ее не надо — это сделает автомат, как только на него перестанет действовать звуковой сигнал. Как же работает автомат?

Роль его чувствительного элемента-датчика выполняет микрофон $Мк_1$. Звуковой сигнал преобразуется им в электрические колебания НЧ, которые через электролитический конденсатор C_1 поступают на базу транзистора T_1. Транзисторы T_1 и T_2 образуют двухкаскадный УНЧ. Усиленный им сигнал выпрямляется каскадом на транзисторе T_3, в результате чего срабатывает электромагнитное реле P_1.

Транзисторы T_4 и T_5 работают в реле выдержки времени с электромагнитным реле P_2 на выходе. База транзистора T_4 через времязадающую цепочку, составленную из электролитического конденсатора C_5 большой емкости и резистора R_7, соединена с минусовым

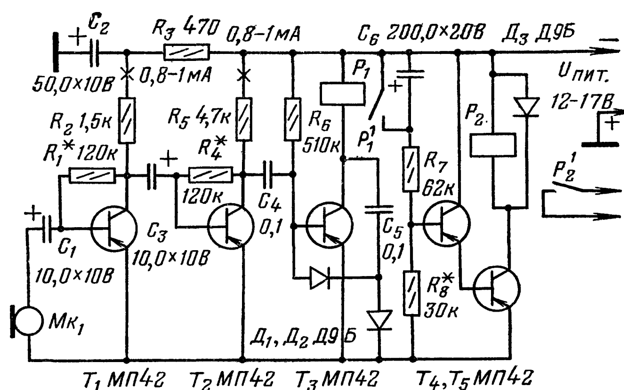


Рис. 10-1. Принципиальная схема акустического автомата.

проводом источника питания $U_{пит}$ напряжением 12—17 В. Когда конденсатор C_6 заряжен, транзисторы T_4 и T_5 реле выдержки времени закрыты, так как в это время открывающего их тока, текущего в базовой цепи транзистора T_4, нет. А если транзистор T_5 закрыт, то и обмотка реле P_2, включенная в его коллекторную цепь, обесточена. При замыкании конденсатора C_6 на короткое время в базовой цепи транзистора T_4 появится ток разряда этого конденсатора, который откроет оба транзистора реле времени. Электромагнитное реле P_2 при этом сработает, а его контакты P_2^1, замыкаясь, включат питание осветительной лампы. Лампа будет подключена к электросветительной сети до тех пор, пока конденсатор C_6 не зарядится полностью. Время же разряда этого конденсатора зависит от его емкости и может достигать нескольких минут.

Чтобы автоматически разряжать конденсатор C_6 и тем самым включать реле P_2 в момент появления звукового сигнала, в автомате используется электронное реле на транзисторе T_3. В исходном состоянии транзистор T_3 открыт напряжением смещения, подаваемым на его базу через резистор R_6. Усиленный транзистором сигнал, поступающий с выхода НЧ, через конденсатор C_5 подается на диоды $Д_1$ и $Д_2$, выпрямляется ими и еще больше открывает транзистор T_3. При этом реле P_1 срабатывает, его контакты P_1^1 кратковременно замыкают конденсатор C_6, который мгновенно разрядится и вновь, как только контакты P_1^1 разомкнутся, начнет заряжаться, а реле P_2 срабатывает. Такой автомат можно питать от трех-четырех соединенных последовательно батарей 3336Л или выпрямителя с выходным напряжением 12—17 В.

На рис. 10-2 показана принципиальная схема еще одного акустического автомата с питанием от сети напряжением 220 В. Отличается он от предыдущего варианта в основном только тем, что в нем вместо электронного реле используется транзистор T_3 структуры *n-p-n*, который при громких звуках, открываясь, разряжает через себя конденсатор C_5. Во время заряда этого конденсатора реле P_1 срабатывает и своими контактами P_1^1 включает осветительную лампу. Когда же звукового сигнала нет, транзистор T_3 находится в закрытом состоянии, конденсатор C_5 полностью заряжается, обмотка реле T_1 обесточивается, а его контакты P_1^1 разрывают цепь питания лампы. Выпрямитель и фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного тока, образуют диоды $Д_2$, $Д_3$, конденсатор C_6 и резистор R_9. Конденсатор C_6 и резистор R_9. Конденсатор C_7, рассчитанный на номинальное напряжение 300—400 В, гасит избыточное напряжение сети.

Для автоматов обоих вариантов можно использовать транзисторы с коэффициентом передачи тока не менее 30—40, причем разрядный транзистор T_3 второго варианта автомата должен иметь возможно малый обратный ток коллектора I_{K0}. Электромагнитные реле — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или РСМ-1 (паспорт Ю.171.81.01) с несколько ослабленным натяжением пружин, чтобы они срабатывали при напряжении 8—9 В. Микрофон электромагнитный типа М1 (от слухового аппарата) или телефонный капсюль ДЭМ-4м.

Возможная конструкция второго варианта автомата (по схеме на рис. 10-2) показана на рис. 10-3. Относящиеся к нему транзисторы, конденсаторы и резисторы, электромагнитное реле P_1 с шунтирующим его диодом $Д_1$ смонтированы на печатной плате, выполненной из фольгированного гетинакса. Ее размеры определяются габаритами имеющихся деталей. Плата укреплена на панели бо́льших размеров, где установлены детали выпрямителя и времязадающий конденсатор C_5. Все детали автомата первого варианта, включая и питающую

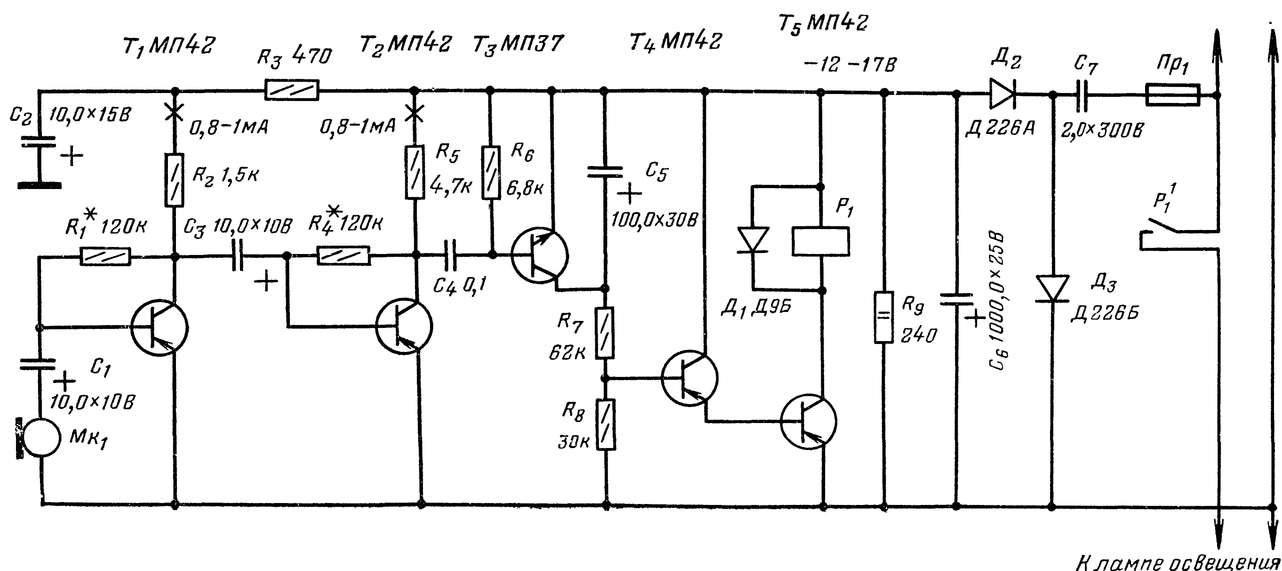


Рис. 10-2. Принципиальная схема акустического автомата с питанием от электроосветительной сети.

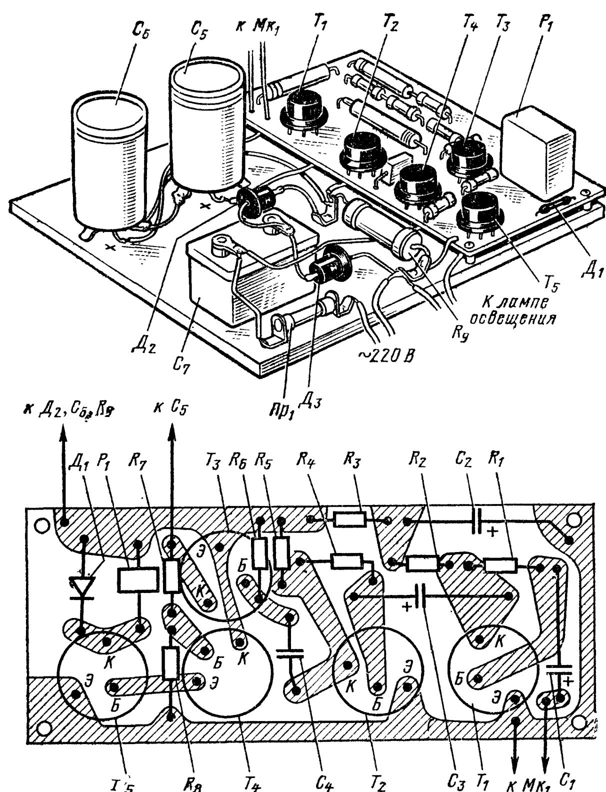


Рис. 10-3. Конструкция акустического автомата.

его батарею, можно смонтировать на одной общей плате. Корпус автомата можно изготовить из листового дюралюминия, белой жести, органического стекла или даже из плотного картона. Микрофон укрепляют в корпусе не жестко, а эластично, например с помощью поролона или губчатой резины. Амортизация микрофона совершенно необходима, иначе может быть ложное срабатывание автомата.

При налаживании автоматов подбирают резисторы в базовых цепях выходных транзисторов таким образом, чтобы при отсутствии звуковых сигналов ток через обмотку оконечного электромагнитного реле (в автомате первого варианта — P_2, второго варианта — P_1) не превышал 4—5 мА, а при подаче звукового сигнала это реле надежно срабатывало. Для четкой работы любого из автоматов его времязадающий электролитический конденсатор должен быть с возможно малым током утечки. Перед установкой в автомат его желательно отформовать — подключить на сутки к батарее напряжением 9—12 В.

Описанные автоматы могут быть весьма полезными на лестничных переходах, в прихожих, коридорах, ванных комнатах, в кухнях — там, где часто забывают выключать свет, в результате чего бесполезно расходуется электроэнергия. Они интересны и как аттракционы на вечерах в клубах, школах, например на новогодних праздниках.

Электронный звонок. Определенный интерес представляют электронные звонки, устанавливаемые в квартирах вместо обычных электрических.

Достаточно простой звонок-генератор, создающий звуковой сигнал одной тональности, можно собрать, например, по схеме, приведенной на рис. 10-4. Это несимметричный мультивибратор на транзисторах разной структуры: T_1 — *n-p-n*, T_2 — *p-n-p*. При нажатии на кнопку $Кн_1$, находящуюся снаружи входной двери, мультивибратор генерирует колебания частотой около 1 кГц, которые динамическая головка $Гр_1$ преобразует в звуковые колебания. Роль динамической головки выполняет телефонный капсюль ДЭМ-4м. Желательный тембр звука устанавливают подбором резистора R_1.

Электронные переключатели. Новогодняя елка, будь она дома или в школе, становится более красочной, если она иллюминирована. О том, как это сделать, обычно рассказывается в предновогодних номерах журнала «Радио».

Несложный электронный переключатель для освещения масок или фигурок животных, украшающих елку, можно смонтировать по схеме, приведенной на рис. 10-5. Автомат состоит из симметричного мультивибратора на маломощных транзисторах T_1 и T_2 и усилителя тока на мощном транзисторе T_3. В коллекторную цепь последнего включены лампочки накаливания $Л_1$ и $Л_2$, вмонтированные в звезды или отверстия, имитирующие глаза маски или фигурки птиц. Мультивибратор генерирует импульсы тока с частотой следования 15—20 в 1 мин. С такой частотой его транзисторы переходят из одного неустойчивого состояния в другое. Транзистор T_2, открываясь сам, током эмиттера открывает транзистор T_3 усилителя, в результате чего лампочки $Л_1$ и $Л_2$ ярко загораются. Как только транзисторы T_2 и T_3 закрываются, лампочки гаснут. Частоту колебаний мультивибратора, а значит, и частоту вспышек лампочек, можно регулировать, подбирая конденсаторы C_1 и C_2 и резисторы R_2 и R_3. Чем больше емкость этих конденсаторов и сопротивления резисторов, тем меньше частота следования импульсов.

Для мультивибратора можно использовать любые маломощные низкочастотные транзисторы (МП39, МП42), в усилителе — любые транзисторы средней или большой мощности (П201—П203, ГТ403, П213—П216 с любым буквенным индексом). Лампочки $Л_1$, $Л_2$ на напряжение 6,3 В и ток накала 0,28 А. В зависимости от допустимого тока коллектора транзистора T_3 число

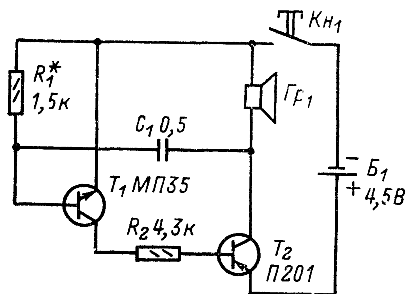


Рис. 10-4. Принципиальная схема простейшего звонка-генератора.

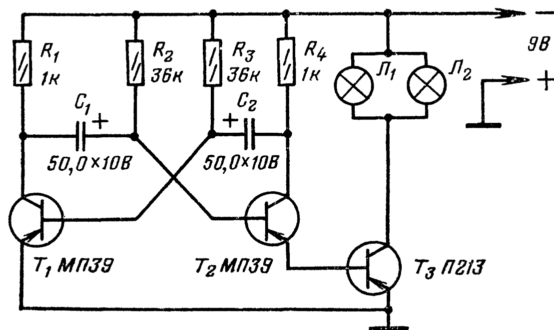


Рис. 10-5. Схема электронного переключателя.

их может быть больше двух. Соответственно и допустимый ток разряда батареи или ток выпрямителя, питающих такой переключатель, должен быть больше.

Можно собрать автомат с плавным переключением ламп, например по схеме на рис. 10-6, предложенной А. Перелыгиным. Этот автомат представляет собой сочетание емкостного реле выдержки времени на транзисторе T_1 и усилителя тока на транзисторе T_2. Действует автомат так. При включении питания выключателем B_1 начинает заряжаться электролитический конденсатор C_1 через нормально замкнутые контакты P_1^1 реле P_1. Увеличивающееся отрицательное напряжение на верхней (по схеме) обкладке конденсатора через резистор R_2 подается на базу транзистора T_1 и плавно открывает его. При этом лампа $Л_1$ в коллекторной цепи T_1 загорается. Как только транзистор полностью откроется и напряжение на коллекторе будет близко к нулю, сработает реле P_1, подключенное через резистор R_3 параллельно лампе накаливания, и его контакты P_1^1 размыкаясь, разорвут цепь питания базовой цепи транзистора. Теперь конденсатор будет разряжаться через эмиттерный переход транзистора и резистор R_2. По мере разряда конденсатора транзистор будет постепенно закрываться, ток в его коллекторной цепи, а значит, и накал нити лампы, уменьшаться, а напряжение на

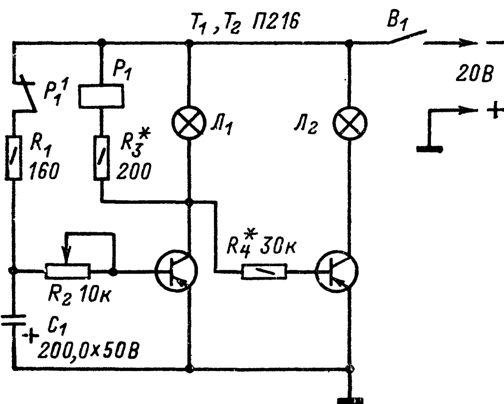


Рис. 10-6. Схема автомата, плавно переключающего иллюминационные лампы.

коллекторе увеличиваться. Как только ток коллектора транзистора уменьшится до тока отпускания реле P_1, контакты P_1^1 замкнутся и конденсатор C_1 вновь станет заряжаться — начнется следующий цикл работы емкостного реле выдержки времени.

С коллектором транзистора T_1 через резистор R_4 соединена база транзистора T_2. При таком включении состояние транзистора T_2 зависит от напряжения на коллекторе транзистора T_1. Когда транзистор T_1 закрыт и напряжение на его коллекторе близко к напряжению источника питания, транзистор T_2 открыт, ток в его коллекторной цепи максимальный и лампа $Л_2$, включенная в эту цепь, горит наиболее ярко. По мере уменьшения напряжения на коллекторе первого транзистора ток коллектора второго транзистора уменьшается и лампа $Л_2$ плавно гаснет. Таким образом, обе лампы загораются и плавно гаснут не одновременно, а по очереди: гаснет одна из них — загорается вторая, и наоборот.

Ритм работы автомата задает конденсатор C_1. Скорость его разряда через эмиттерный переход транзистора, а значит, и время плавного изменения свечения ламп, можно изменять примерно от 0,5 до 20 с переменным резистором R_2. При уменьшении его сопротивления время свечения тоже уменьшается. Минимальную яркость свечения лампы $Л_1$, при котором реле P_1 срабатывает, регулируют подбором резистора R_3, а минимальную яркость свечения лампы $Л_2$ — подбором резистора R_4.

Источником питания автомата служит выпрямитель с выходным напряжением 20—25 В. Лампы $Л_1$ и $Л_2$ на напряжение 24 В и ток накала 105 мА (коммутаторные). Для иллюминации елки вместо них в коллекторные цепи транзисторов включают гирлянды, каждая из которых состоит из шести последовательно соединенных ламп 3,5 В $\times$ 0,26 А. Транзисторы П216 (можно заменить транзисторами П4, П201, П203, П213 с любыми буквенными индексами) снабжают теплоотводами, роль которых могут выполнять пластины размерами 6$\times$6 см, вырезанные из листового алюминия толщиной 2 мм. Реле P_1 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.200), РЭС-10 (паспорт РС4.524.302, РС4.524.314) или другое с обмоткой сопротивлением 500—600 Ом, срабатывающее при токе 25—30 мА.

Конструкция автомата произвольная. Если транзисторы исправны и нет ошибок в монтаже, все его налаживание сводится только к подбору резисторов R_3, R_4 и введенного сопротивления переменного резистора R_2.

Аппаратура пропорционального телеуправления моделями

Преимущество системы пропорционального телеуправления перед дискретной заключается в том, что она позволяет по командным сигналам передатчика плавно отклонять рули управляемой модели практически на любой угол и одновременно также плавно изменять скорость и направление движения модели. Этим она и завоевывает все большую популярность среди радиолюбителей — конструкторов аппаратуры телеуправления. Но аппаратура пропорционального телеуправления значительно сложнее дискретной аппаратуры. Поэтому делать ее следует лишь радиолюбителям, имеющим опыт конструирования и эксплуатации аппаратуры дискретного действия.

В чем сущность пропорционального телеуправления? Сигналы передатчика этой системы содержат закодированную информацию о необходимом положении рулей маневрирования, частоте и направлении вращения тягового электродвигателя модели. В приемном устройстве информация расшифровывается дешифратором и сравнивается с сигналами, поступающими от исполнительных механизмов модели. В результате сравнения возникают сигналы рассогласования, которые усиливаются до необходимого уровня и заставляют электродвигатели исполнительных механизмов совершать соответствующие действия. Воздействие каждого сигнала рассогласования таково, что исполнительный механизм принимает новое положение (по углу поворота руля, частоте и направлению вращения тягового электродвигателя), при котором упомянутый выше сигнал становится равным нулю. Это новое положение исполнительных механизмов пропорционально положению ручек управления на пульте передатчика командных сигналов.

В описываемой здесь аппаратуре, разработанной В. Плотниковым, использован принцип широтно-импульсной модуляции с независимым управлением длительностью высокочастотных посылок передатчика и пауз между ними. Это обеспечивает возможность передачи информации по двум каналам, а именно, изменяя длительность высокочастотных посылок, управлять тяговым электродвигателем, а изменяя длительности пауз между посылками — электродвигателем

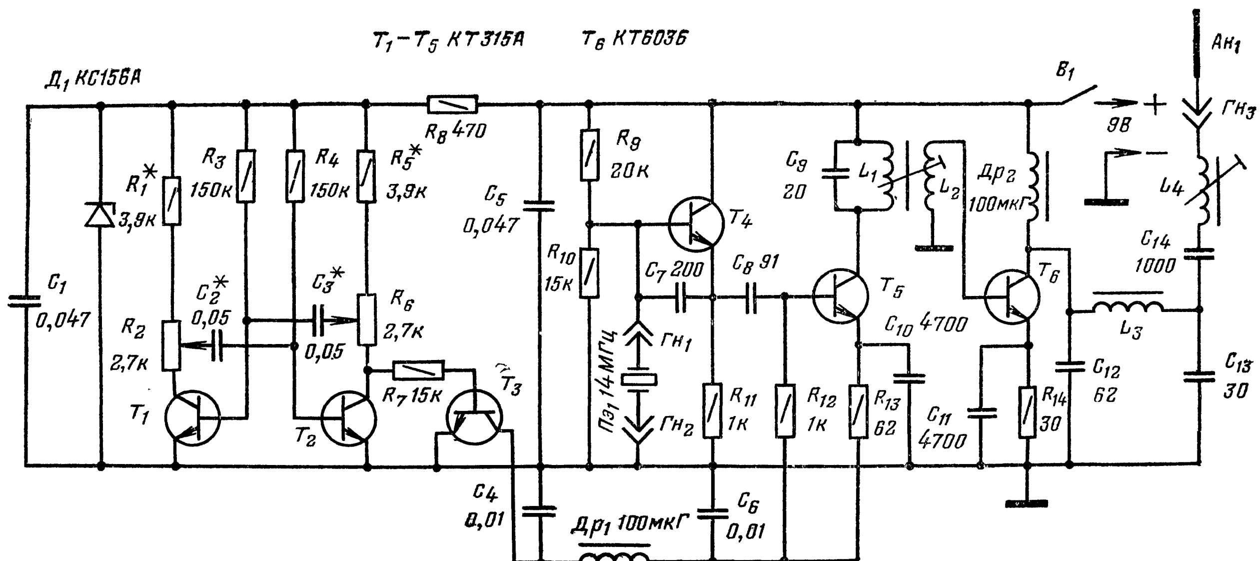


Рис. 10-7. Принципиальная схема передатчика пропорционального радиоуправления.

руля поворота модели, или наоборот. Аппаратура пригодна для телеуправления сухопутными, плавающими и летающими моделями. В комплект ее входят: передатчик и приемное устройство, состоящее из приемника супергетеродинного типа, дешифратора и двух сервоусилителей. Один из них предназначен для управления рулевой машинкой, а другой — тяговым электродвигателем модели.

Передатчик. Его принципиальная схема приведена на рис. 10-7. Антенна $Ан_1$ — штыревая, телескопическая, длиной 1 м. Выходная мощность передатчика около 150 мВт, что достаточно для уверенного управления самоходной наземной моделью в радиусе до 250—300 м. Несущая частота передатчика 28 МГц. Питание осуществляется от двух батарей 3336Л, соединенных последовательно (9 В). Ток, потребляемый передатчиком от питающей его батареи, 70—80 мА.

Все транзисторы, используемые в передатчике, высокочастотные структуры *п-р-п*: $Т_1$—$Т_5$ — маломощные КТ315А, $Т_6$ — средней мощности КТ603Б.

Транзистор $Т_4$ и кварцевый резонатор $Пэ_1$, установленный в его базовой цепи, образуют задающий генератор передатчика. Резонансная частота кварца 14 МГц. Термостабилизация режима работы транзистора осуществляется делителем напряжения R_9R_{10} и резистором R_{11} в эмиттерной цепи. Конденсатор C_7 создает между эмиттером и базой транзистора ПОС по переменному току, необходимую для возбуждения генератора. По высокой частоте цепь питания генератора шунтирует конденсатор C_5. Генератор возбуждается только на резонансной частоте кварца 14 МГц. С нагрузочного резистора R_{11} колебания этой основной частоты генератора через конденсатор связи C_8 поступают на базу транзистора $Т_5$ усилителя — удвоителя частоты. Нагрузочный контур L_1C_9 этого каскада настроен на частоту 28 МГц, т. е. на вторую гармонику кварцевого резонатора задающего генератора. Через катушку связи L_2 колебания этой частоты поступают на вход усилителя мощности.

Транзистор $Т_6$ усилителя мощности, являющегося выходным каскадом передатчика, включен по схеме с общим эмиттером. Положительное напряжение питания на его коллектор подается через высокочастотный дроссель $Др_2$. Нагрузкой усилителя мощности служит П-образный контур $L_3C_{12}C_{13}$, к которому через конденсатор C_{14}, удлинительную катушку L_4 и гнездо $Гн_3$ подключена штыревая антенна $Ан_1$.

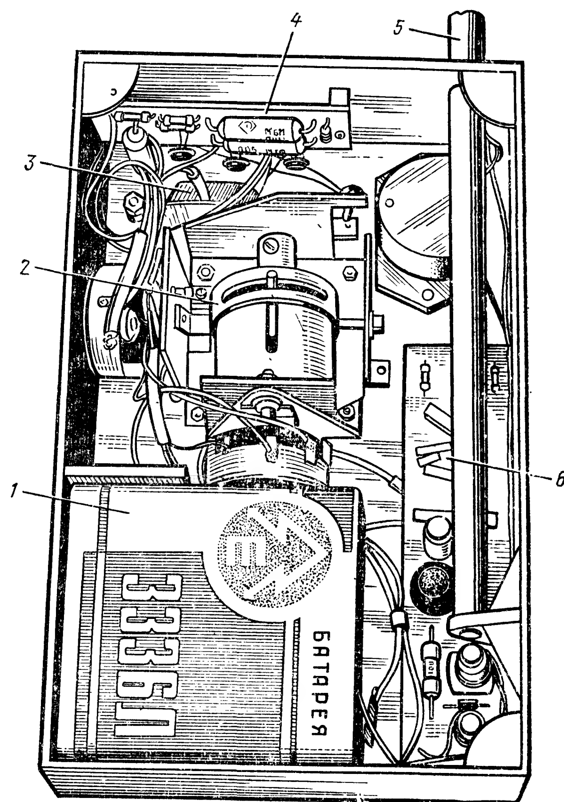


Рис. 10-8. Размещение деталей передатчика в корпусе.

1 — батарея питания (две соединенные последовательно батареи 336Л); *2* — механизм управления; *3* — выключатель питания B_1; *4* — плата модулятора; *5* — штыревая антенна $Ан_1$; *6* — плата задающего генератора с удвоителем частоты и усилителем мощности.

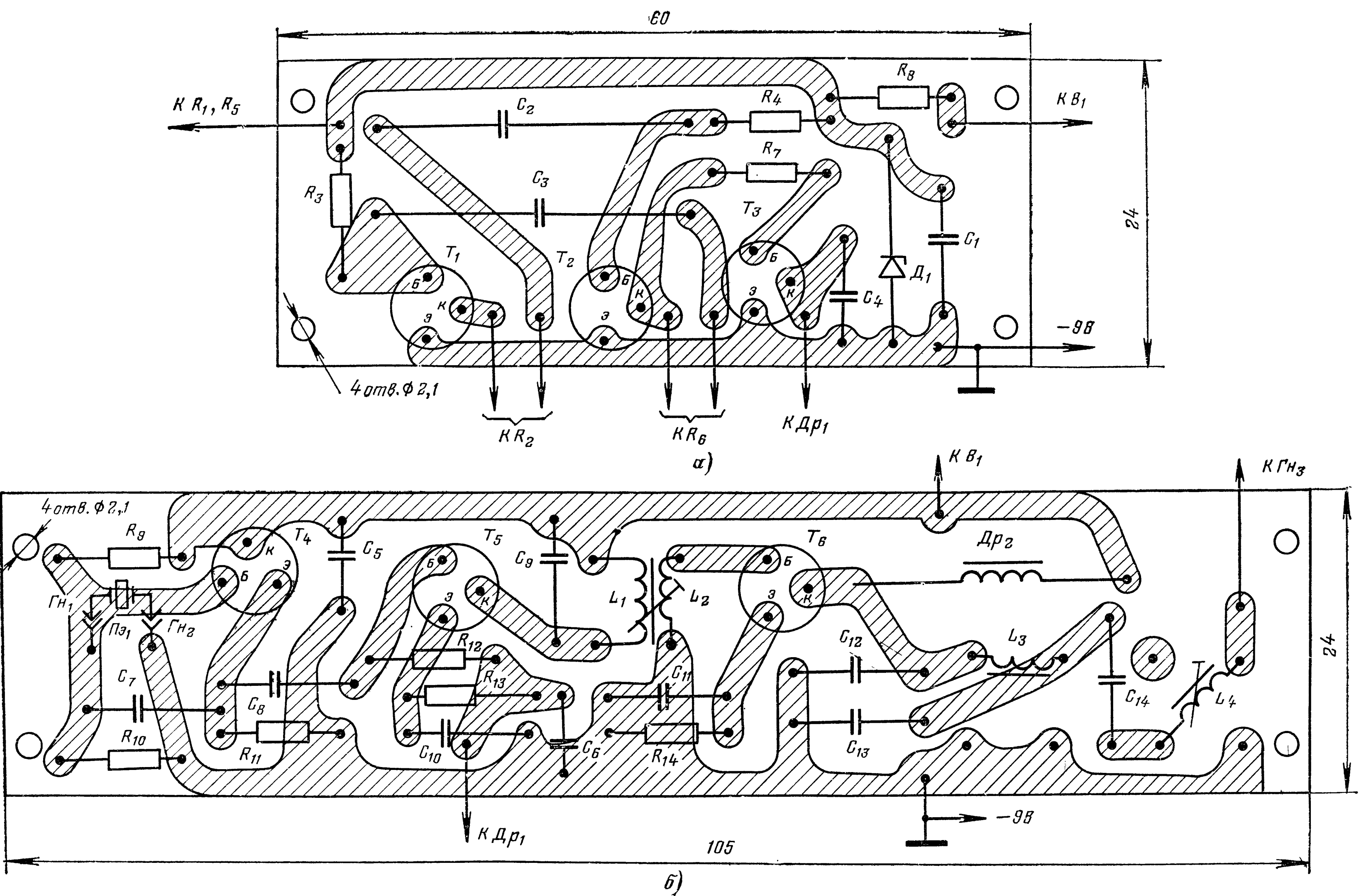


Рис. 10-9. Монтажные платы передатчика и схемы соединения деталей на них.

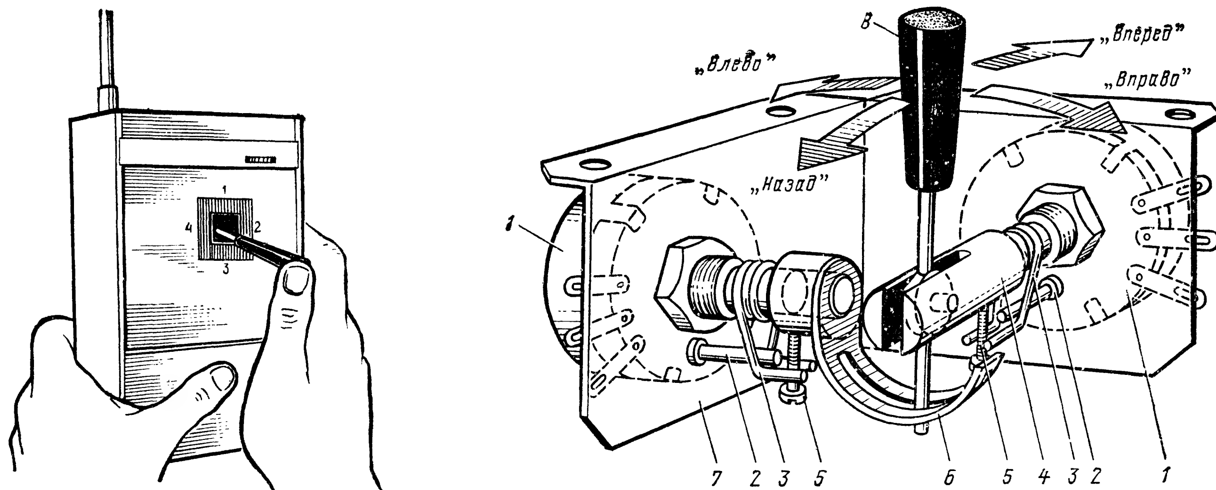


Рис. 10-10. Внешний вид передатчика и конструкция механизма управления им.

Роль модулятора передатчика выполняет мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2, генерирующий импульсы тока прямоугольной формы с независимой регулировкой длительности импульсов в обоих его плечах. Сигнал, снимаемый с коллектора транзистора T_2 мультивибратора, поступает на базу транзистора T_3, работающего в ключевом режиме (режим переключения), и далее через фильтр $Др_1C_4C_6$ в базовую и эмиттерную цепи транзистора T_5 удвоителя частоты задающего генератора, модулируя тем самым колебания несущей частоты передатчика.

Средняя длительность высокочастотных посылок, излучающих антенной передатчика, и пауз между ними 1 мс. Управление длительностью посылки и паузой осуществляется переменными резисторами R_2 и R_6 в коллекторных цепях транзисторов мультивибратора. Оси этих резисторов шарнирно связаны с ручкой управления передатчиком. Средняя длительность импульсов и пауз мультивибратора определяется сопротивлениями резисторов R_3, R_4 и емкостью конденсаторов C_2 и C_3. Подбирая сопротивление резисторов R_1 и R_5, подгоняют необходимый диапазон длительности импульсов. Независимость длительности импульсов мультивибратора от напряжения источника питания обеспечивается стабилизатором напряжения, выполненным на стабилитроне $Д_1$ и резисторе R_8. Для уменьшения влияния входного сопротивления транзистора T_3 на режим мультивибратора между ними включен развязывающий резистор R_7.

Размещение деталей и узлов передатчика в корпусе показано на рис. 10-8. Корпус размерами 105×50×165 мм склеен из листовой пластмассы. Детали модулятора смонтированы на плате размерами 24×60 мм (рис. 10-9,*а*), детали высокочастотного тракта — на плате размерами 24×105 мм (рис. 10-9,*б*), выполненных печатным методом из фольгированного стеклотекстолита (или гетинакса).

Вид на передатчик со стороны лицевой стенки корпуса и возможная конструкция механизма управления, позволяющего изменять длительность высокочастотных посылок и пауз между ними, показаны на рис. 10-10. Переменные резисторы *1* (R_2 и R_6) находятся на основании *7*, с помощью которого устройство прикреплено к лицевой панели корпуса. На оси одного резистора стопорным винтом *5* укреплен поводок *6*, на оси другого резистора — втулка *4* с ручкой управления *8*, шарнирно соединяющей оси обоих резисторов. Исходное положение движков переменных резисторов — среднее. В такое положение их возвращают пружины *3*, упирающиеся в штифты *2*, укрепленные на основании. Оси переменных резисторов через втулку и поводок связаны с ручкой управления таким образом, что на каждый из резисторов влияет перемещение ручки только в одном из двух взаимно перпендикулярных направлений. Перемещения ручки управления от себя и к себе соответствуют командам «Вперед» и «Назад»: вправо и влево — командам «Вправо» и «Влево». Поворачивая ручку в обоих плоскостях, подают команды одновременно на оба исполнительных механизма модели.

Транзисторы КТ315 (T_1 — T_5) могут быть с любым буквенным индексом и коэффициентом передачи тока в пределах 50—100, транзистор КТ603Б (T_6) с $h_{21Э}$ не менее 60. Постоянные резисторы типа МЛТ-0,25, переменные R_2 и R_6 — типа СП-1 группы А; конденсаторы C_1 C_4, C_6, C_{11}, C_{14} — керамические К10-7; C_7 — C_{10}, C_{12}, C_{13} — КТ или КД; C_2 и C_3 — МБМ. Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ — типа Д-0,1. Дроссели с такой индуктивностью (100 мкГ) можно намотать на сердечнике из феррита марки 600НН диаметром 2,8 и длиной 14 мм. Всего на каждый стержень наматывают 100 витков провода ПЭВ-1 0,1 в один слой. Кварцевый резонатор малогабаритный, герметизированный, с резонансной частотой 14 МГц.

Катушки L_1 — L_4 намотаны проводом ПЭЛШО 0,35 на полистироловых каркасах диаметром 7 мм с ферритовыми подстроечными сердечниками 50ВЧ (или 100НН). Намотка в один слой, виток к витку. Катушка L_1 содержит 11 витков, L_2 — 3 витка (намотана рядом с катушкой L_1 со стороны ее «заземленного» вывода и подстроечного сердечника), L_3 — 8 витков, L_4 — 15 витков.

Сначала налаживают мультивибратор модулирующего устройства. На это время кварцевый резонатор удаляют из задающего генератора, срывая тем самым его генерацию. Ручку управления ставят так, чтобы движки переменных резисторов R_2 и R_6 находились в средних положениях. При этом длительность импульсов на коллекторах транзисторов мультивибратора должна быть около 1 мс. Такую длительность устанавливают, если надо, подбирая номиналы конденсаторов C_2, C_3 и резисторов R_3 и R_4. При отклонении ручки управления в ту или иную сторону на угол до 30° от исходного положения длительность импульсов должна изменяться на 50%. Такой диапазон изменения длительности импульсов подгоняют путем подбора резисторов R_1 и R_5, компенсации смещения длительности импульсов, которое происходит во время подбора, некоторым поворотом корпусов пере-

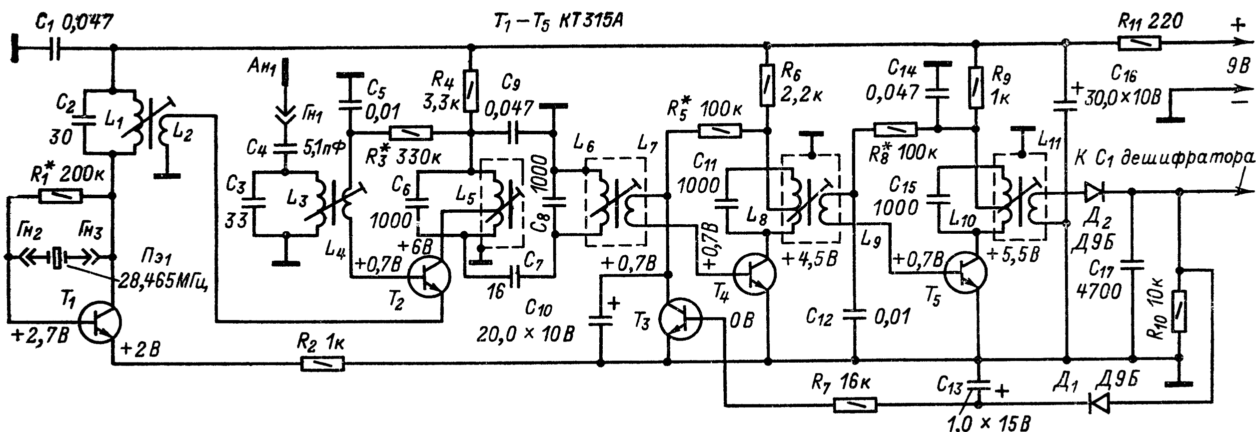


Рис. 10-11. Принципиальная схема приемника пропорционального радиоуправления.

менных резисторов R_2 и R_6 соответственно. Для контроля длительности и формы импульсов, генерируемых мультивибратором, пользуются осциллографом с калибратором длительности.

Каскад на транзисторе T_3, работающий в режиме переключения, наладки, как правило, не требует.

Приступая к настройке высокочастотного тракта передатчика, базу транзистора T_2 временно замыкают на «заземленный» проводник, чтобы открыть транзистор T_3 и через него, а также дроссель $Др_1$ соединить базовый и эмиттерный резисторы транзистора T_5 с отрицательным проводником источника питания. В задающий генератор вставляют кварцевый резонатор, включают питание и ламповым вольтметром переменного тока проверяют наличие высокочастотных колебаний на нагрузочном резисторе R_{11}. Причиной отсутствия генерации может быть только неисправность транзистора или кварцевого резонатора. Далее, пользуясь волномером, контур L_1C_9 в коллекторной цепи транзистора T_5 с помощью сердечника катушки L_1 настраивают на вторую гармонику задающего генератора 28 МГц. Момент резонанса определяют по максимальной амплитуде колебаний на контуре.

Затем приступают к налаживанию усилителя мощности при подключенной антенне. Точность настройки определяют с помощью индикатора напряженности поля или по показанию миллиамперметра, включенного в коллекторную цепь транзистора T_6 между плюсовым проводником источника питания и дросселем $Др_2$. Настройка П-образного контура L_3, C_{12}, C_{13} на частоту 28 МГц соответствует минимальному току в коллекторной цепи транзистора T_6. Настройку удлинительной катушки L_4 проверяют по максимальному току в этой же цепи или максимуму показаний индикатора напряженности поля. После этого необходимо вновь подстроить катушку L_3. При правильной настройке передатчика его выходной каскад в режиме несущей должен потреблять ток 60—70 мА.

Приемник радиоуправляемой модели, как уже говорилось выше, супергетеродинного типа, без УНЧ. Чувствительность приемника — около 5 мкВ, промежуточная частота 465 кГц. Принципиальная схема его показана на рис. 10-11.

Приемник содержит пять кремниевых транзисторов структуры *n-p-n* типа КТ315А. Транзисторы T_1 и T_2 работают в преобразователе частоты с отдельным гетеродином, T_4 и T_5 — в двухкаскадном УПЧ, T_3 — в усилителе АРУ. Частота гетеродина стабилизирована кварцевым резонатором $Пэ_1$, резонансная частота которого на 465 кГц выше несущей частоты передатчика.

Входной контур приемника, образуемый катушкой L_3 и конденсатором C_3, настроен на частоту сигнала передатчика 28 МГц. С антенной $Ан_1$, подключенной к гнезду $Гн_1$, он связан через конденсатор небольшой емкости C_4. Принятый сигнал через катушку связи L_4 поступает на базу транзистора T_2 смесителя, а сигнал гетеродина — в цепь эмиттера T_2. Нагрузкой преобразовательного каскада служит двухконтурный фильтр L_5C_6 и L_6C_8, настроенный на промежуточную частоту 465 кГц. Начальное положительное напряжение смещения на базе транзистора T_1 гетеродина устанавливают в пределах 0,6—0,8 В при помощи подбора резистора R_1. Резистор R_2 в эмиттерной цепи T_1 стабилизирует режим работы каскада. Резистор R_4 и конденсатор C_9 образуют ячейку развязывающего фильтра смесителя. Одновременно R_4 используется и как элемент, стабилизирующий режим работы транзистора T_2 этого каскада. Напряжение смещения на базе транзистора T_2 (+0,7 В) и ток его коллекторной цепи (0,5 мА) устанавливают, подбирая резистор R_3.

Транзисторы T_4 и T_5 УПЧ включены по схеме с общим эмиттером. Их нагрузками служат резонансные одиночные контуры L_8C_{11} и $L_{10}C_{15}$, настроенные на 465 кГц. Связь первого каскада УПЧ с полосовым фильтром смесителя, между каскадами ПЧ, а также второго каскада усилителя с детектором — индуктивная, через катушки L_7, L_9 и L_{11} соответственно. Для повышения стабильности работы УПЧ применено неполное включение нагрузочных контуров L_8C_{11} и $L_{10}C_{15}$ в коллекторные цепи их транзисторов. По постоянному току режим работы транзисторов УПЧ устанавливают, подбирая резисторы R_5 и R_8. Резистор R_6 выполняет роль антипаразитного элемента. Он предотвращает самовозбуждение усилителя и, кроме того, стабилизирует режим работы транзистора T_4 по постоянному току. Резистор R_9 и конденсатор C_{14} образуют развязывающий фильтр в цепи питания транзистора T_5. Усиленный сигнал ПЧ через катушку связи L_{11} подается на амплитудный детектор, роль которого выполняет диод $Д_2$. С резистора R_{10}, являющегося нагрузкой детектора, низкочастотный сигнал передатчика подается на вход дешифратора приемного устройства телеуправляемой модели.

В приемник введена усиленная система АРУ, обеспечивающая дешифратору нормальную работу при изменении уровня сигнала передатчика на входе приемника. Транзистор T_3, являющийся усилительным элементом АРУ, работает при относительно малых напряжениях на коллекторе (0,3—0,7 В). Совместно с резистором R_5 он образует делитель напряжения в базовой цепи транзистора T_4. При открывании транзистора T_3 положительным напряжением, поступающим на его базу с нагрузки детектора, напряжение смещения на базе транзистора T_4 понижается. Это ведет к уменьшению тока в его коллекторной цепи и коэффициента усиления каскада. Система АРУ начинает работать при напряжении сигнала на выходе детектора 0,5—0,6 В. Неизменность уровня напряжения командного сигнала, поступающего от приемника на вход дешифратора, поддерживает пиковый детектор на диоде $Д_1$, через который заряжается элект-

ролитический конденсатор C_{13} в базовой цепи транзистора T_3 усилителя АРУ.

Система АРУ, примененная в приемнике, обеспечивает на входе дешифратора колебание уровня сигнала не более чем на 3 дБ при изменении его на входе приемника на 60 дБ и скважности сигнала от 1,3 до 4.

Питание приемника осуществляется от батареи напряжением 9 В через развязывающий фильтр, образуемый резистором R_{11} и конденсаторами C_{16} и C_1.

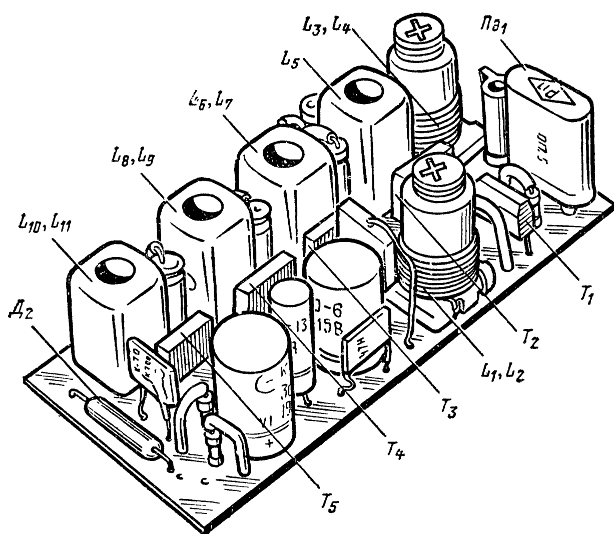
Внешний вид приемника и схема соединений деталей на его монтажной плате показаны на рис. 10-12. Печатная плата размерами 60×30 мм выполнена из фольгированного стеклотекстолита. Конструктивно одинаковые катушки L_1 и L_3 гетеродинного и входного контуров, а также относящиеся к ним катушки связи L_2 и L_4 намотаны проводом ПЭЛШО 0,35 на полистироловых каркасах диаметром 7 мм (каркасы КВ контуров приемника «Сокол-4») с подстроечными сердечниками из феррита марки 150НН диаметром 2,8 и длиной 11 мм. Катушка L_1 содержит 11 витков, уложенных на каркас виток к витку, катушка L_2 — 3 витка. Она расположена возле катушки L_1 со стороны подстроечного сердечника. Катушка L_3, как и катушка гетеродинного контура, содержит 11 витков, а ее катушка связи L_4 — 2 витка.

В УПЧ использованы без переделки контуры ФПЧ-1 (L_5), ФПЧ-2 (L_6, L_7), ФПЧ-3 (L_8, L_9) и ФПЧ-4 (L_{10}, L_{11}) приемника «Орбита». Все резисторы — МЛТ-0,25; конденсаторы постоянной емкости C_1, C_9, C_{14} — типа КМ; C_2 — C_4, C_7 — КД-1а; C_6, C_8, C_{11}, C_{15} — ПМ-1; C_5, C_{12}, C_{17}—К10-7; электролитические конденсаторы—К50-6. Кварцевый резонатор $Пэ_1$ на частоту 28,465 МГц.

Налаживание приемника следует начать с проверки режимов транзисторов. На это время катушку L_1 гетеродинного контура замыкают накоротко проволочной перемычкой или удаляют кварцевый резонатор. Напряжения на электродах транзисторов, указанные на схеме, измерены ламповым вольтметром. Рекомендуемые режимы устанавливают, подбирая базовые резисторы R_1, R_3, R_5 и R_8. Контуры УПЧ настраивают, начиная с контура $L_{10}C_{15}$, на частоту 465 кГц. Сигнал от ГСС подают через конденсатор емкостью 0,05—0,1 мкФ сначала на базу транзистора T_5, затем последовательно на базы транзисторов T_4 и T_2. Чувствительность УПЧ с баз транзисторов T_5, T_4 и T_2 должна быть равна соответственно 1,2 мВ, 15 и 1,5—2 мкВ. При этом напряжение НЧ на нагрузке детектора должно быть 100 мВ.

После настройки УПЧ перемычку, замыкающую накоротко катушку L_1, удаляют (или вставляют на место кварцевый резонатор) и подстроечным сердечником катушки L_1 добиваются устойчивой работы гетеродина. Генерацию каскада можно проверить по гетеродинному волномеру или по изменению напряжения на эмиттере транзистора T_1 при замыкании и размыкании катушки L_1. Затем сигнал ГСС частотой 28 МГц, модулированный колебаниями частотой 1 кГц при коэффициенте модуляции 100%, через конденсатор емкостью 2—3 пФ подают на вход приемника и подстроечным сердечником катушки L_3 настраивают контур на эту частоту. Усилитель АРУ, как правило, никакой настройки не требует.

Окончательную подстройку контуров ПЧ и входного контура производят по ослабленным сигналам передатчика, для чего его антенну отключают и относят передатчик от приемника на такое расстояние, чтобы на выходе приемника было напряжение 100—200 мВ. При подстрой-



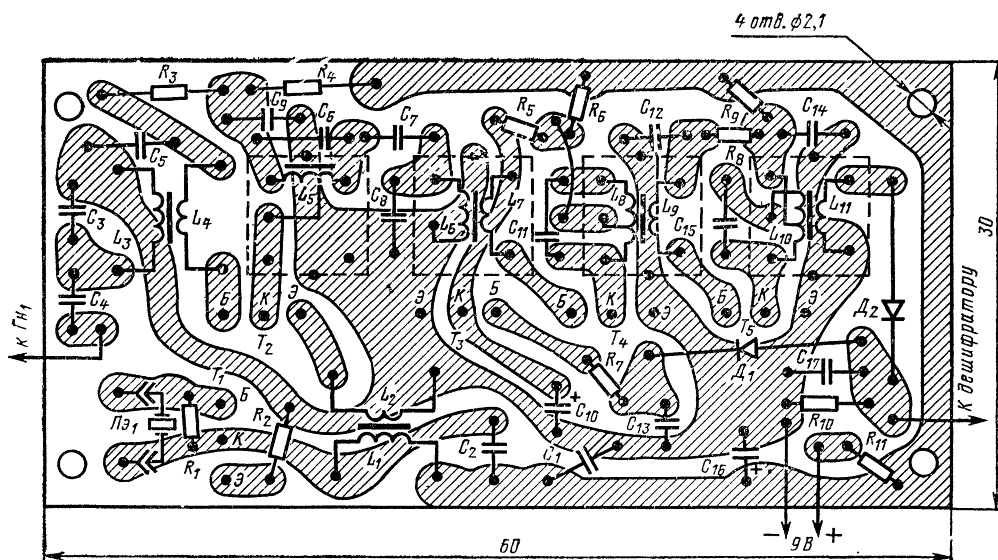


Рис. 10-12. Приемник радиоуправляемой модели.

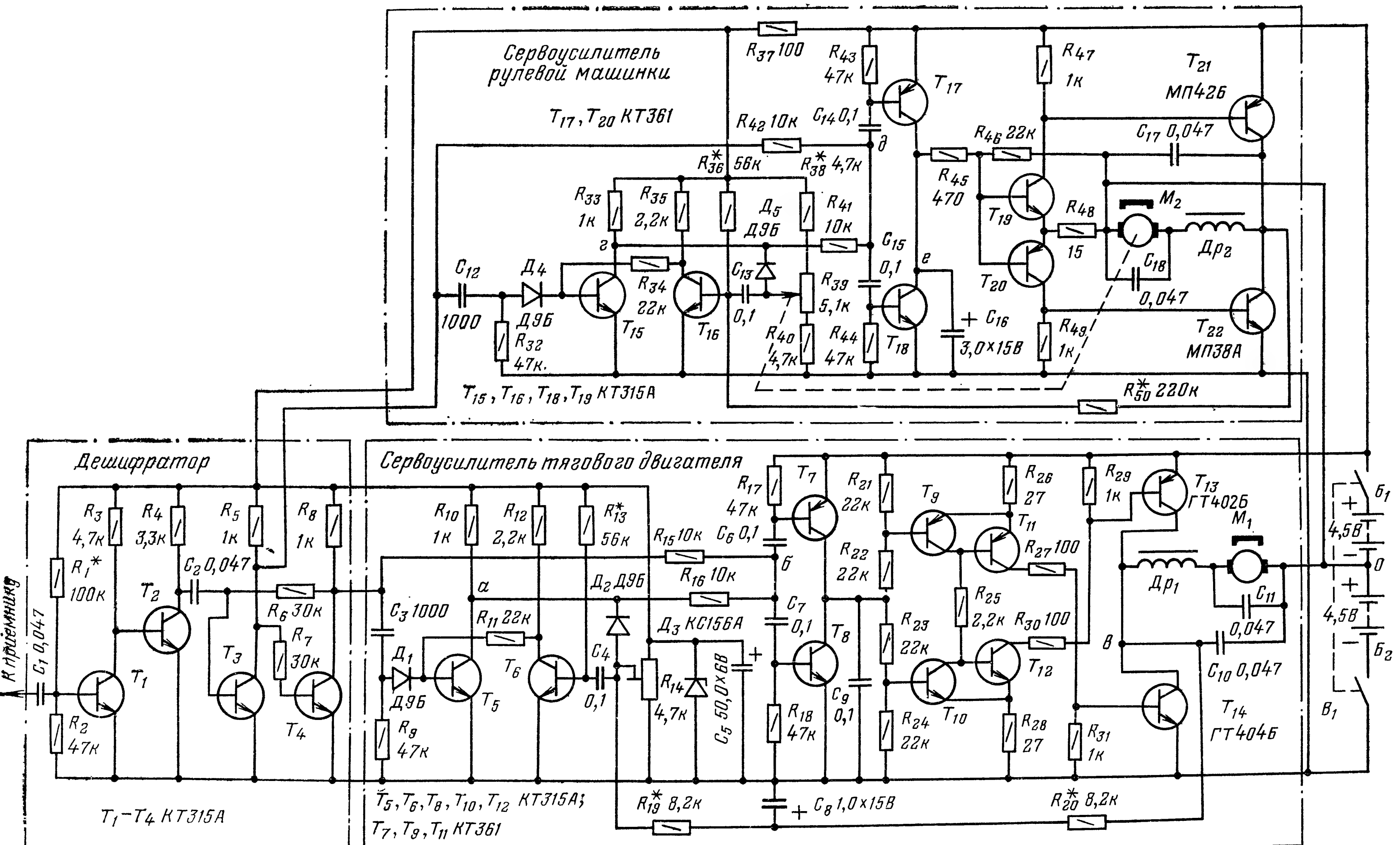


Рис. 10-13. Принципиальные схемы дешифратора и сервоусилителей приемной аппаратуры.

ке добиваются максимального напряжения на нагрузке детектора.

Дешифратор и сервоусилители. Принципиальные схемы каждого из этих взаимосвязанных блоков приемного устройства телеуправляемой модели на рис. 10-13 выделены штрихпунктирными линиями. Подавляющее большинство транзисторов, используемых в них, кремниевые, структуры *n-p-n*. Дешифратор состоит из двухкаскадного усилителя на транзисторах T_1 и T_2 и симметричного триггера на транзисторах T_3 и T_4. Через конденсатор C_1 на вход усилителя подается сигнал с выхода приемника. С резистора R_4, являющегося нагрузкой транзистора T_2, усиленный сигнал через конденсатор C_2 поступает на базу транзистора T_3 и управляет работой триггера. Режим работы транзисторов T_1 и T_2, связанных между собой гальванически, устанавливают подбором резистора R_1 делителя напряжения в базовой цепи транзистора T_1.

Сигналы первого и второго каналов связи пропорционального телеуправления выделяются на нагрузочных резисторах R_5 и R_8 коллекторных цепей транзисторов триггера. С резистора R_5 сигнал подается на вход сервоусилителя рулевой машинки, поворачивающей модель из стороны в сторону, а с резистора R_8 — на вход сервоусилителя тягового электродвигателя, изменяющего скорость и направление движения управляемой модели. Каждый из сервоусилителей состоит из ждущего мультивибратора, вырабатывающего импульсы тока, соответствующие состояниям исполнительного механизма, устройства сравнения сигналов передатчика и исполнительного механизма и усилителя сигналов рассогласования с электродвигателем на выходе.

Рассмотрим взаимную работу этих блоков приемной аппаратуры при передаче команды по какому-то одному каналу связи, например при управлении рулевой машинкой. Исходное состояние транзистора T_3 триггера, являющегося коммутатором канальных сигналов, открытое (напряжение на его коллекторе близко к нулю), транзистора T_{15} ждущего мультивибратора на входе сервоусилителя рулевой машинки — закрытое (напряжение на его коллекторе близко к напряжению источника питания). В это время напряжение в точке *д* устройства сравнения, в котором работают транзисторы T_{17} и T_{18} разной структуры, равно половине напряжения питания триггера и ждущего мультивибратора. В момент подачи с выхода приемника закодированного сигнала транзистор T_3 триггера закрывается, а возникающий при этом импульс напряжения на его коллекторе передним фронтом запускает ждущий мультивибратор. При этом напряжения на коллекторах транзисторов T_3 и T_{15} изменяются в противоположной полярности, а напряжение в точке *д* устройства сравнения остается прежним. Такое состояние устройства сравнения будет сохраняться в том случае, если длительности командного импульса приемника и опорного импульса ждущего мультивибратора равны.

При изменении длительности командного импульса в устройстве сравнения появляется импульс рассогласования, длительность которого равна разности длительностей командного и опорного импульсов, а полярность определяется полярностью более продолжительного командного импульса. С точки *д* устройства сравнения разностный сигнал рассогласования через конденсаторы C_{14} и C_{15} подается в базовые цепи транзисторов T_{17} и T_{18} сервоусилителя.

Сервоусилитель рулевой машинки представляет собой трехкаскадный усилитель тока, нагруженный на электродвигатель M_2. Пока на его входе (точка *д*) нет сигнала рассогласования (разностного сигнала), транзисторы усилителя закрыты. С появлением импульса сигнала рассогласования в положительной полярности открывается транзистор T_{18} и через него разряжается конденсатор C_{16}. В результате напряжение в точке *е*, т. е. на коллекторах транзисторов первого каскада (T_{17} и T_{18}) относительно минусового проводника источника питания, становится близким нулю, и через резистор R_{45} течет ток, открывающий транзистор T_{20} входного каскада усилителя. Вслед за ним открывается транзистор T_{22} выходного каскада, замыкая тем самым цепь питания электродвигателя M_2. Начиная работать, электродвигатель через редуктор воздействует на руль модели и одновременно вращает ось установленного на рулевой машинке переменного резистора R_{39} цепи обратной связи между исполнительным механизмом и устройством сравнения.

При вращении оси резистора R_{39} длительность опорного импульса изменяется так, что она в конце концов становится равна длительности командного импульса. Когда они сравняются, то сигнал рассогласования пропадает, транзисторы усилителя закроются, электродвигатель рулевой машинки остановится и руль примет новое устойчивое положение, соответствующее длительности командного импульса. Таким образом, с помощью переменного резистора в цепи обратной связи устройство автоматики следит за изменениями длительности командных импульсов, стремясь свести к нулю импульсы рассогласования.

Сервоусилитель рулевой машинки рассчитан на работу с микроэлектродвигателем, потребляющим под нагрузкой ток 100—150 мА при напряжении источника питания 3,5—4,5 В. Управление тяговым электродвигателем M_1, потребляющим ток до 500—600 мА, осуществляется более мощным усилителем тока. Для обеспечения работы его выходных транзисторов T_{13} и T_{14} в режиме переключения, что необходимо для снижения рассеиваемой мощности, они управляются триггерами Шмитта, собранными на транзисторах T_9, T_{11} и T_{10}, T_{12}. Триггеры не допускают одновременного открывания выходных транзисторов, тем самым защищая их от пробоя.

Несмотря на то, что выходные транзисторы сервоусилителя тягового электродвигателя работают в режиме переключения, устройство обеспечивает плавное изменение частоты оборотов двигателя. Для этого используется принцип импульсной регулировки ее. Реализуется он следующим образом. При подаче командного сигнала в каскаде на транзисторах T_7 и T_8 возникает разностный сигнал рассогласования, переключающий один из триггеров в другое устойчивое состояние. Допустим, переключается триггер на транзисторах T_9 и T_{11}. В этом случае откроется транзистор T_{14} и тем самым замкнет цепь питания электродвигателя M_1. При этом напряжение в точке *в* изменит свое значение и, воздействуя по цепи обратной связи R_{20}, R_{19} на работу ждущего мультивибратора на транзисторах T_5 и T_6, уменьшит импульс рассогласования. В момент выравнивания командного и опорного импульсов триггер переходит в исходное состояние, транзистор T_{14} закрывается, электродвигатель M_1 обесточивается, а в цепи обратной связи появляется напряжение, которое приводит к возникновению нового сигнала рассогласования и повторному включению электродвигателя. Таким образом, тяговый электродвигатель питается импульсным напряжением, сигнал же обратной связи за счет емкости интегрирующего конденсатора C_8 равен среднему значению этого напряжения. Это и обеспечивает возможность управления частотой вращения тягового электродвигателя.

Дешифратор и сервоусилители управления рулевой машинкой и тяговым электродвигателем смонтированы на самостоятельных печатных платах, что позволяет наиболее рационально размещать аппаратуру управления на модели и использовать в каналах управления любой сервоусилитель. А если для междублочных соединений использовать разъемы, то облегчится и ремонт аппаратуры в полевых условиях.

Схемы размещения и соединения деталей на платах этих блоков приемной аппаратуры показаны на рис. 10-14. Транзисторы КТ315 и КТ361 — с любым буквенным индексом и коэффициентом $h_{21Э}$ в пределах 30—120. В выходном каскаде сервоусилителя рулевой машинки применены транзисторы МП38А и МП42Б с $h_{21Э}$

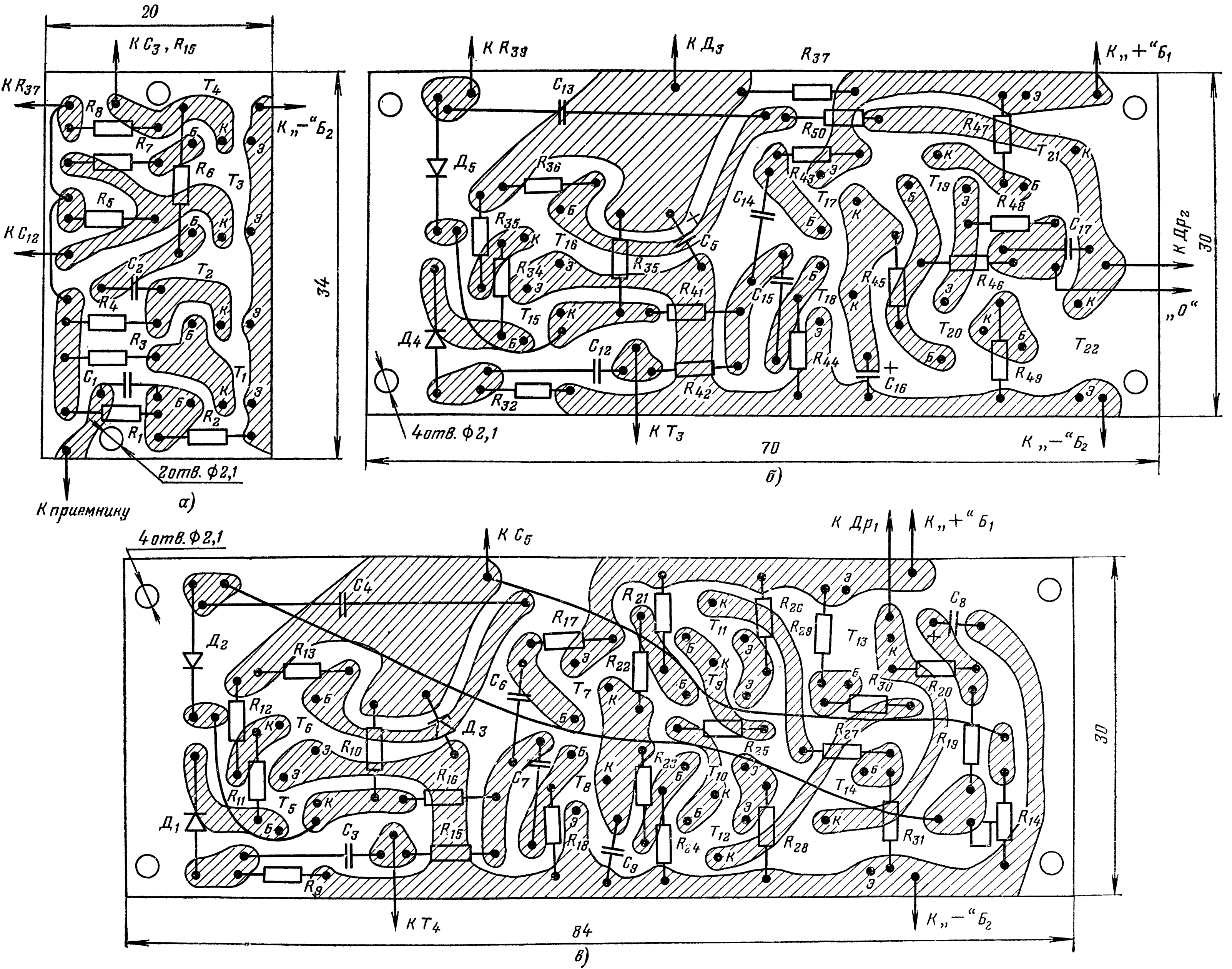


Рис. 10-14. Монтажные платы.

а — дешифратора; *б* — сервоусилителя рулевой машинки; *в* — сервоусилителя тягового электродвигателя.

45—100, а в выходном каскаде сервоусилителя тягового электродвигателя — транзисторы ГТ402Б и ГТ404Б с $h_{21Э}$ 60—150.

Для управления рулевой машинкой конструктор описываемой аппаратуры использовал самодельный электродвигатель $М_2$ с пусковым током 10—15 мА и максимальным током потребления от источника напряжением 4,5 В—до 100 мА. Возможно использование микроэлектродвигателей от механических игрушек фирмы ГДР «Пико» (пусковой ток 40—60 мА, максимальный ток 150 мА). Редуктор рулевой машинки имеет передаточное отношение 1:200. Его выходная ось соединена с осью проволочного переменного резистора R_{39} цепи обратной связи и снабжена тягой для привода в действие руля модели.

Роль тягового электродвигателя ($М_1$) может выполнять любой электродвигатель постоянного тока, работающий от источника напряжением 4,5 В, с током холостого хода 50—100 мА и током при максимальной нагрузке до 600 мА. Перед установкой электродвигателей необходимо тщательно отшлифовать их коллекторы и притереть щетки для уменьшения искрения.

Дроссели $Др_1$, $Др_2$ и конденсаторы C_{18} и C_{11} (установлены непосредственно на электродвигателях) образуют фильтры, уменьшающие помехи, создаваемые электродвигателями. Дроссели намотаны на ферритовых кольцах марки 600НН диаметром 10 мм и содержат по 20 витков провода ПЭВ-1 0,35.

Налаживание этих блоков приемной аппаратуры начинают с установки режимов транзисторов T_1 и T_2 усилителя дешифратора. Подбором резистора R_1 добиваются, чтобы напряжение на коллекторе транзистора T_2 было в пределах 2—3 В. Затем на базу транзистора T_1 через конденсатор емкостью 5—10 мкФ подают от генератора НЧ сигнал частотой 0,5—1 кГц, амплитудой 0,1—0,2 В и с помощью осциллографа проверяют работу усилителя, а также триггеров сервоусилителя тягового электродвигателя. Нужные пределы регулировки частоты оборотов тягового двигателя устанавливают подбором резисторов R_{19} и R_{20}. На коллекторах транзисторов T_3 и T_4 триггера должен быть сигнал прямоугольной формы.

После этого проверяют работу ждущих мультивибраторов обоих сервоусилителей. В точках *г* и *а* длительность импульсов при среднем положении движков резисторов R_{39} и R_{14} должна быть равна 1 мс. Необходимую длительность импульсов устанавливают подбором резисторов R_{36}, R_{13} и конденсаторов C_{13} и C_4. На это время электродвигатели необходимо отключить, а вместо них включить проволочные резисторы сопротивлением 30—50 Ом.

Окончательную настройку приемной аппаратуры производят при совместной работе с передатчиком. При этом проверяют правильность включения электродвигателей по командам передатчика и переменного резистора R_{39} цепи обратной связи сервоусилителя рулевой машинки. Если рулевую машинку «уводит» в сторону до упора, то необходимо изменить полярность сигнала обратной связи, поменяв местами провода, идущие к крайним выводам этого резистора. В случае сильных колебаний руля около точки равновесия необходимо уменьшить сопротивление резистора R_{50} в цепи отрицательной обратной связи этого сервоусилителя.

Описанная здесь аппаратура пропорционального телеуправления, приемная часть которой установлена на модели легкового автомобиля, на конкурсе «СССР—50», проведенном журналом «Радио» в честь 50-летия образования СССР, отмечена поощрительным призом.

От редакции МРБ. На постройку и эксплуатацию передатчика аппаратуры пропорционального управления, как и дискретной аппаратуры, надо иметь разрешение Государственной инспекции электросвязи.

Кодовые замки

Замки с «секретом» в виде закодированного цифрового набора широко используют, например, для автоматических камер хранения вещей на железнодорожных вокзалах. Подобными замками оборудуют сейфы, двери различных помещений, войти куда можно лишь тем, кто знает условный код замков.

Простой дверной электромеханический замок можно построить, используя для его кодирования переключатели, а для раскодирования — кнопки. Схема возможного варианта такого замка показана на рис. 10-15. Здесь пять переключателей B_1—B_5, роль которых выполняют тумблеры, пять кнопок $Кн_1$—$Кн_5$ с контактами, работающими на переключение, и один электромагнит *Эм*, сердечник которого механически связан с защелкой дверного замка. Код замка устанавливают, переводя подвижные контакты переключателей из верхнего (по схеме) положения в нижнее. Показанные на схеме положения переключателей B_1—B_5 соответствуют коду *245*. Значит, чтобы открыть дверь, надо нажать одновременно кнопки $Кн_2$, $Кн_4$ и $Кн_5$. При этом цепь питания обмотки электромагнита замкнется и он сработает — дверь можно открывать. Если нажать другие кнопки или одновременно все, цепь питания электромагнита окажется разорванной и открыть дверь не удастся. Число переключателей кодирования и кнопок пульта управления замком может быть произвольное, например 8—10, но обязательно одинаковое. Чем их больше, тем больше вариантов кода, тем затруднительнее подобрать нужный код при попытке угадать его.

Схема варианта электромеханического кодового замка приведена здесь только для знакомства с принципом построения таких устройств. Радиолюбители же конструируют, как правило, электронные кодовые замки. Расскажем о двух вариантах таких замков.

Кодовый замок на триггерах, схема которого показана на рис. 10-16, сконструировал Б. Логинов. Устройство питается от сети переменного тока напряжением 220 В через двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_3$—$Д_6$. Пульсации выпрямленного тока сглаживает электролитический конденсатор C_2.

Сам замок образуют три триггера и двухкаскадный усилитель тока с электромагнитом на выходе. В первом триггере работают транзисторы T_1 и T_2, во втором — транзисторы T_4 и T_5, в третьем — транзисторы T_6 и T_7, в усилителе тока — транзисторы T_8 и T_9. Электромагнит $Эм_1$ сработает и его сердечник сдвинет защелку дверного замка лишь в том случае, когда на базу транзистора T_8 будет подан электрический сигнал отрицательной полярности. Тогда оба транзистора усилителя откроются.

Условимся считать, что в нулевом состоянии триггеры находятся, когда их левые (по схеме) транзисторы T_1, T_4 и T_6 открыты и напряжения на их коллекторах равны нулю, а в единичном — когда эти транзисторы закрыты и напряжения на их коллекторах равны (или близки) напряжению источника питания.

Исходное состояние триггеров замка должно быть нулевое. Достигается оно благодаря конденсатору C_1 и диодам $Д_1$ и $Д_2$: при включении питания конденсатор начинает заряжаться через резисторы R_1, R_5, R_9 и открытые в это время диоды $Д_1$ и $Д_2$. При этом транзисторы T_1, T_4 и T_6 открываются, а транзисторы T_2, T_5 и T_7 закрываются. Все триггеры замка, следовательно, принимают нулевое состояние. База транзистора T_8 через открытый транзистор T_6 третьего триггера соединена с плюсовым «заземленным» проводником, поэтому оба транзистора усилителя тока закрыты. Замок готов к работе.

Управление замком осуществляется десятью кнопками $Кн_1$—$Кн_{10}$ с нормально разомкнутыми контактами, а кодирование — подключением любых трех кнопок к базовым цепям транзисторов T_2, T_5 и T_7. В нашем приме-

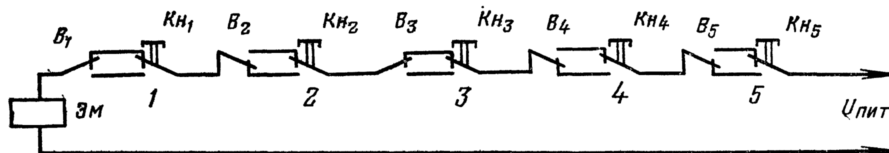


Рис. 10-15. Схема электромеханического кодового замка.

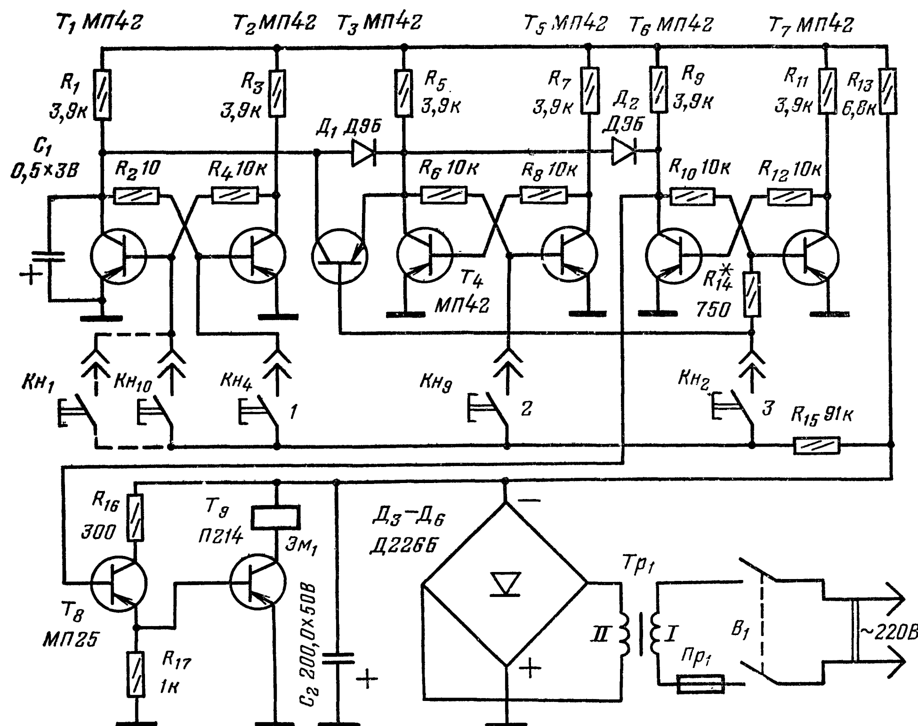


Рис. 10-16. Принципиальная схема кодового замка на триггерах.

ре (по принципиальной схеме) в цепь базы транзистора T_2 первого триггера включена кнопка $Кн_4$, в цепь базы транзистора T_5 второго триггера — кнопка $Кн_9$, в базовую цепь транзистора T_7 третьего триггера — кнопка $Кн_2$. Следовательно, код замка — 492. Остальные семь кнопок, соединенные параллельно, включены в базовую цепь транзистора T_1 первого триггера.

Открывая замок, сначала надо нажать кнопку, соответствующую первой цифре кода, в нашем примере кнопку $Кн_4$. При этом на базу транзистора T_2 через резистор R_{15} будет подано отрицательное напряжение выпрямителя и первый триггер переключится в другое устойчивое состояние — единичное, а диоды $Д_1$, $Д_2$ и промежуточный транзистор T_3 закроются. Теперь, нажав кнопку $Кн_9$, можно переключить в единичное состояние второй триггер, а затем, нажав кнопку $Кн_2$, и третий триггер. При замыкании контактов кнопки $Кн_2$ сигнал отрицательной полярности подается и на базу промежуточного транзистора T_3, но он остается в закрытом состоянии, так как в это время на его эмиттере более высокое отрицательное напряжение. Как только третий триггер переключится в единичное состояние, отрицательное напряжение с коллектора открывшегося транзистора T_6 будет подано на базу транзистора T_8. От этого оба транзистора усилителя тока откроются и сработавший электромагнит сместит защелку дверного замка. Чтобы триггер замка вернуть в исходное нулевое состояние, надо кратковременно выключить питание или на базу транзистора T_1 подать открывающий его отрицательный сигнал. Сделать это можно с помощью пары контактов (открывающейся дверью) или нажатием любой из незакодированных кнопок, например кнопки $Кн_{10}$.

Можно ли «обмануть» замок? Шансов на это почти нет, тем более, если неизвестен принцип его работы.

Допустим, что, пытаясь подобрать код, первой нажмут кнопку $Кн_9$. Хотя при этом второй триггер и начнет переключаться в другое состояние, открытый диод $Д_1$ будет препятствовать увеличению напряжения на коллекторе транзистора T_4 до напряжения источника питания. В результате все триггеры останутся в нулевом состоянии. То же самое произойдет, если первой нажать кнопку $Кн_2$.

Рассмотрим еще два возможных варианта подбора кода. Нажимаем кнопку $Кн_4$, чтобы первый триггер переключить в единичное состояние, затем нажимаем кнопку $Кн_2$. Но третий триггер при этом останется в нулевом состоянии, а открывающийся промежуточный транзистор T_3 переключит первый триггер в нулевое состояние и замок не откроется. Предположим, что при том же коде кнопки $Кн_4$ и $Кн_9$ были нажаты в правильной последовательности, а третьей нажата не кнопка $Кн_2$, а какая-то другая, например кнопка $Кн_{10}$. И в этом случае замок примет исходное положение, так как при нажатии неправильной кнопки на базу транзистора T_1 будет подано отрицательное напряжение, переключающее первый триггер в нулевое состояние. То же произойдет и в том случае, если первой будет нажата кнопка $Кн_4$, а затем любая другая из не закодированных. Во всех этих случаях конденсатор C_1 не влияет на переключение первого триггера из нулевого состояния в единичное, так как длительность его заряда значительно меньше времени замкнутого положения контактов кнопки $Кн_4$. Когда же этот триггер переключается из единичного состояния в нулевое, конденсатор C_1 разряжается через открывающийся транзистор T_1. Но и в этом случае длительность его разряда оказывается намного меньше времени замыкания управляющей кнопки.

Конструкция кодового замка в целом произвольная и определяется имеющимися деталями и местом его установки. Кнопки $Кн_1$—$Кн_{10}$ пульта управления могут быть готовыми, например КМ1-1, или самодельными. Сопротивление резистора R_{14} может составлять 200—680 Ом. Его подбирают так, чтобы при замыкании контактов кнопки в базовых цепях транзисторов T_7 и T_3 третий триггер четко переключался из нулевого состояния в единичное. Конденсатор C_1 — ЭМИ, C_2 — К50-6.

Уменьшать емкость конденсатора C_2 нельзя — могут появиться ложные срабатывания замка. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — типа Д9, $Д_3$—$Д_6$ — типа Д226 или Д7 с любым буквенным индексом.

Напряжение на выходе выпрямителя должно быть около 25 В. Данные трансформаторы питания $Тр_1$ следующие: площадь сечения керна магнитопровода 4,5—5 см^2, обмотка I—1900 витков провода ПЭВ-1 0,18, обмотка II — 200 витков провода ПЭВ-1 0,51. Тяговый электромагнит, рассчитанный на напряжение постоянного тока 20—25 В, можно взять готовый, например, паспорта ИОЗ.257.001 Сп. Он может быть и самодельным.

Кодовый замок на тиристорах разработали В. Горшенин, А. Буссель и А. Антонов. Замок (рис. 10-17) состоит из четырех тиристоров $Д_1$—$Д_4$ типа КУ202 (или КУ201 с любым буквенным индексом), диода $Д_5$ (Д226 или Д7), трех резисторов R_1—R_3 типа ВС-5, пульта кнопок $Кн_1$—$Кн_{10}$, электромагнита $Эм_1$ и концевого выключателя $В_1$, вмонтированного в колодку двери. В замке предусмотрены кнопка $Кн_{12}$, при нажиме которой подается питание на вызывной звонок *Зв*, возможность дистанционного управления звонком, световая сигнализация.

Замок работает следующим образом. При нажатии на кнопку $Кн_1$ через диод $Д_5$ замкнувшиеся контакты ее и резистор R_3 на управляющий электрод тиристора $Д_1$ подается положительное напряжение источника питания. Тиристор при этом открывается и остается открытым после отпускания кнопки, так как через него и резистор R_2 течет ток, значение которого, зависящее от сопротивления резистора R_2, больше тока выключения тиристора. При нажатии на кнопку $Кн_2$ открывается соответствующий ей тиристор $Д_2$, который, точно так же как тиристор $Д_1$, остается открытым после размыкания контактов кнопки $Кн_2$. Значение тока, удерживающего этот тиристор в открытом состоянии, определяется резистором R_1. При нажатии на кнопку $Кн_3$ открывается тиристор $Д_3$ и напряжение источника питания (40 В) через открытые тиристоры $Д_1$—$Д_3$ подается на обмотку электромагнита $Эм_1$, который втягивает сердечник и таким образом отпирает дверной замок.

Замок срабатывает только при нажатии кнопок в заданной кодом последовательности. Для случая, разобранного здесь, код замка 123. Но если первой будет нажата кнопка $Кн_2$ или $Кн_3$, а не $Кн_1$, как задано кодом, то после отпускания кнопки тиристор $Д_1$ или $Д_2$ вновь закроется, так как цепь питания обмотки электромагнита окажется разомкнутой закрытым в это время тиристором $Д_1$. Другие кнопки, не используемые в коде (на рис. 10-17 $Кн_4$—$Кн_{10}$), соединены параллельно и подключены к управляющему электроду тиристора $Д_4$. Если при попытке набора кода будет нажата хотя бы одна из этих кнопок, тиристор откроется, заблокирует собой исполнительную цепь звонка, и тогда ни один из тиристоров будет невозможно открыть. То же произойдет и при одновременном нажатии всех кнопок пульта.

Чтобы замок привести в исходное состояние, надо нажать кнопку $Кн_{12}$. При этом размыкающиеся контакты кнопки разорвут цепь питания и тиристор $Д_4$ закроется, а через ее замкнувшиеся контакты будет подано напряжение на звонок *Зв*. Если кнопки нажаты в соответствии с кодом, то при открывании двери размыкающиеся контакты выключателя $В_1$ кратковременно разрывают цепь питания и электронная часть замка принимает исходное состояние.

Резистор R_3 ограничивает ток, текущий через управляющие электроды тиристоров $Д_1$—$Д_3$ и открытый тиристор $Д_4$. Диод $Д_5$ защищает тиристоры от повреждения в случае неправильных операций с кнопками пульта управления. Так, например, если исполнительная цепь заблокирована открытым тиристором $Д_4$ и в это время нажимают кнопку $Кн_1$, то через управляющий электрод тиристора $Д_1$ и открытый тиристор $Д_4$ может течь ток короткого замыкания. Диод же $Д_5$, включенный в эту цепь, предотвращает короткое замыкание.

Кнопка $Кн_{11}$ служит для дистанционного управления замком по вызову. При нажатии на кнопку ее замкнувшиеся контакты шунтируют тиристоры $Д_1$ и $Д_3$ и напряжение источника питания подается непосредственно на обмотку электромагнита. Одновременно на табло пульта кнопок освещается надпись «Входите». Лампы $Л_1$ и $Л_2$ подключены параллельно обмотке электромагнита, поэтому надпись на табло освещается не только тогда, когда нажата кнопка «Вызов», но и при правильном наборе кодового числа. Чтобы не держать кнопку нажатой, пока дверь не будет открыта, в электронную часть замка можно ввести дополнительные диоды $Д_6$—$Д_8$ и кнопку $Кн_{13}$, показанные на принципиальной

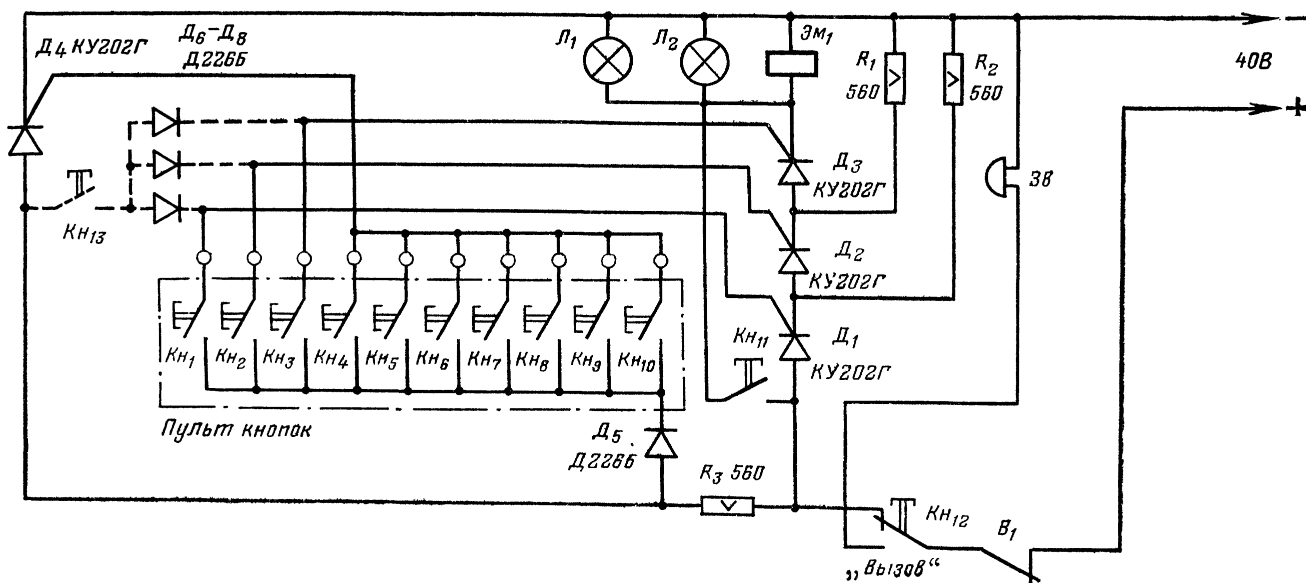


Рис. 10-17. Принципиальная схема кодового замка на тиристорах.

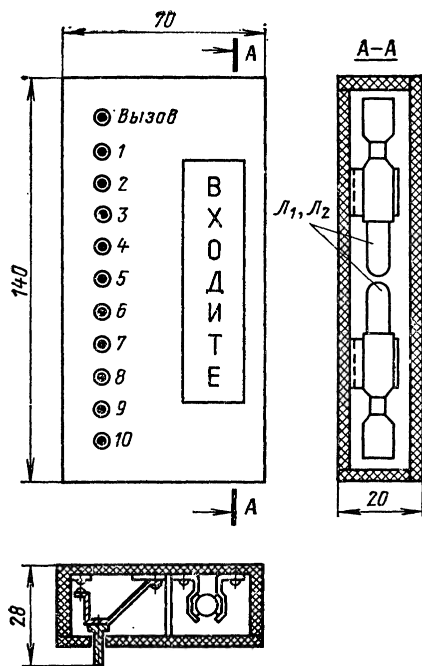


Рис. 10-18. Возможная конструкция пульта кнопок управления со световой сигнализацией.

схеме штриховыми линиями. Достаточно кратковременно нажать на эту кнопку, как тиристоры $Д_1$—$Д_3$ откроются и замок остается отпертым до тех пор, пока открывающаяся дверь не разомкнет контакты выключателя $В_1$.

Ток, потребляемый замком от источника питания, определяется в основном током тягового электромагнита. В описываемой конструкции замка применен имеющийся у его конструкторов соленоид с потребляемым током 4 А. Поэтому в двухполупериодном выпрямителе, питающем замок (его схема такая же, как схема выпрямителя замка на триггерах), использованы диоды Д242Б или Д243Б (мостовое включение). Данные трансформатора питания могут быть такими: магнитопровод Ш28×50; сетевая обмотка (на напряжение 220 В) 640 витков провода ПЭВ-1 0,49; понижающая обмотка 116 витков провода ПЭВ-1 1,5.

Конструкция пульта кнопок управления со световой сигнализацией показана на рис. 10-18. На внутренней стороне задней стенки корпуса, склеенного из листового органического стекла, закреплены контакты кнопок и контакты-держатели ламп типа КМ-5 (коммутаторные на напряжение 48 В) подсветки табло. Между кнопками и лампами табло находится светонепроницаемая перегородка. Подвижные контакты кнопок изготовлены из фосфористой бронзы (можно из любого пружинящего металла). Роль неподвижных контактов кнопок $Кн_1$ — $Кн_{10}$ выполняет сплошная медная полоса. Изнутри корпус окрашен черной нитрокраской. Незакрашенное окно против ламп подсветки табло прикрыто калькой с надписью «Входите».

Соединительные проводники кнопок пульта управления подключают к винтовым зажимам электронной части замка (произвольной конструкции). Провода, идущие от управляющих электродов тиристоров $Д_1$ — $Д_3$, подключают к зажимам в соответствии с кодовым числом, а к остальным зажимам, соединенным вместе проволочной перемычкой, присоединяют управляющий электрод тиристора $Д_4$. Для изменения кода замка провода закодированных кнопок переключают на другие зажимы.

Электронные часы

В технике измерений все большее распространение получают цифровые методы. Удобство пользования цифровыми шкалами несомненно, однако многих радиолюбителей останавливает кажущаяся сложность схемы и большое количество деталей в них. С появлением интегральных микросхем перед конструкторами открылись широкие возможности создания разнообразных цифровых приборов, в основе которых лежат преобразователь аналоговой величины измеряемого параметра в дискретную, пересчетное устройство и дешифратор с цифровым индикатором. В качестве одного из популярных в радиолюбительском творчестве примеров конструкции цифрового прибора рассмотрим электронные часы, сконструированные инженерами Н. Юрченко и В. Балакиревым. Эти часы содержат все элементы, присущие цифровым измерительным приборам.

Любые часы, в том числе и электронные, являются прибором для измерения времени. Предлагаемые вниманию читателей часы позволяют производить отсчет времени с точностью до 1 с. Стабильность их работы достаточно высока; расхождение показаний с истинным временем не превышает 50 с в течение года. Часы могут работать в интервале температур от —30 до +50° С и относительной влажности 98%. Они питаются от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, потребляя не более 10 Вт. Размеры часов 210×60×70 мм, масса 1,3 кг. Их можно использовать не только для непосредственного измерения времени, но и как генератор стабильных импульсов для запуска вторичных часов и различных программных устройств.

Структурная схема часов изображена на рис. 10-19. Генератором импульсов времени (ГИВ) формируются импульсы с частотой 1 МГц, которые поступают на делитель, преобразующий их в секундные импульсы (ДСИ). Эти импульсы подаются на счетчик секундных импульсов (ССИ), коэффициент пересчета которого равен 60. Полученные после пересчета минутные импульсы поступают на следующее пересчетное устройство — счетчик минутных импульсов (СМИ), коэффициент пересчета которого также равен 60. С выхода этого счетчика часовые импульсы поступают на вход счетчика часовых импульсов (СЧИ) с коэффициентом пересчета 24. Каждый счетчик имеет свой дешифратор, напряжение с выхода которого управляет соответствующими цифровыми лампами блока индикации.

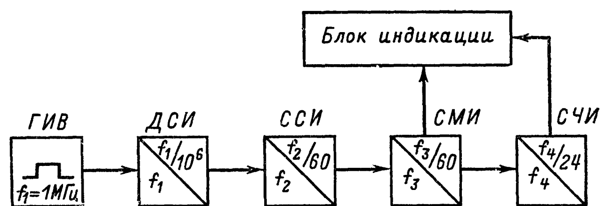


Рис. 10-19. Структурная схема электронных часов.

Принципиальная схема генератора импульсов времени (совместно с блоком питания часов) показана на рис. 10-20. Это мультивибратор на микросхеме

$МС_1$ с кварцевым резонатором $Пэ_1$ в цепи обратной связи. Резонансная частота кварца 1 МГц, что и определяет частоту выходных импульсов генератора. С вывода *6* микросхемы $МС_1$ импульсы снимаются на ДСИ. Блок питания, конструктивно расположенный на одной плате *П1* с ГИВ, содержит два выпрямителя. Один из них, собранный на диодах $Д_1$ — $Д_4$, обеспечивает напряжение питания, необходимое для цифровых индикаторных ламп. Второй выпрямитель (диоды $Д_5$ — $Д_8$) со стабилизатором на транзисторе $Т_1$ служит для питания всех интегральных микросхем электронных часов.

Импульсы с частотой следования в 1 МГц с вывода *4* платы *П1* поступают на вход ДСИ. Для того чтобы получить из импульсов частотой 1 МГц частоту 1 кГц, необходимы шесть пересчетных декад. Используя восемь интегральных схем, оказалось возможным собрать такой делитель. Принципиальныя схема одной декады, смонтированной на плате *П2*, изображена на рис. 10-21. Делитель представляет собой двоично-десятичный счетчик с обратными связями, которые обеспечивают коэффициент пересчета, равный 10. Потенциал логического нуля счетчика составляет

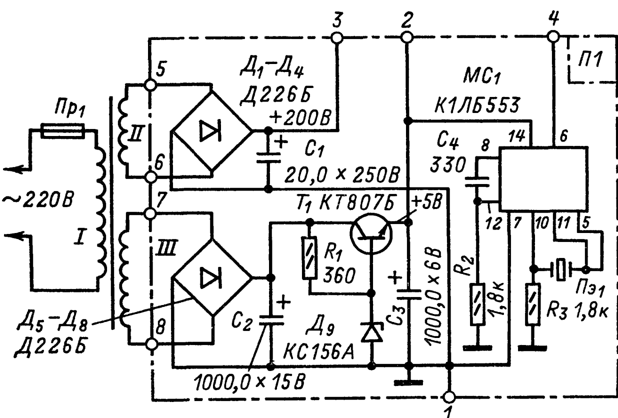


Рис. 10-20. Принципиальная схема генератора импульсов времени.

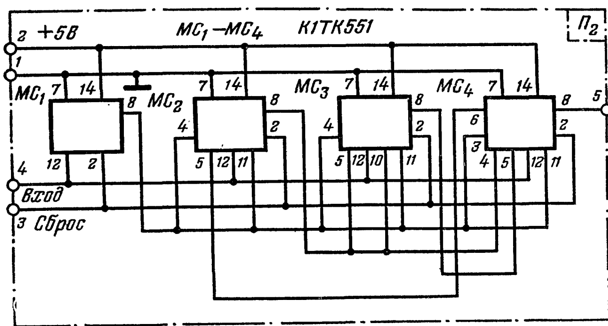


Рис. 10-21. Принципиальная схема делителя секундных импульсов.

+0,3 В, потенциал логической единицы +4,7 В. Декады имеют граничную частоту счета, равную 10 МГц. Для получения пересчета 10^6 необходимы две платы *П2*. С выхода *5* ДСИ сигнал поступает на вход ССИ. Принципиальная схема этого счетчика изображена на рис. 10-22. Счетчик секундных импульсов состоит из пересчетной декады, собранной на микросхемах $МС_5$—$МС_8$, и счетчика ($МС_9$ — $МС_{11}$) с коэффициентом пересчета на 6. Декада собрана по схеме, аналогичной декаде, приведенной на рис. 10-22. С целью уменьшения числа элементов ССИ его дешифраторы работают по принципу «чет — нечет», используя анодное разделение четных и нечетных импульсов в цифровой индикаторной лампе ИН-4. Сигналы, соответствующие четным и нечетным числам, снимаются с выводов *6* и *8* микросхем $МС_5$ и $МС_9$ и через транзисторы $Т_1$ и $Т_2$, $Т_8$ и $Т_9$ соответственно управляют ключевыми каскадами в анодных цепях индикаторных ламп. Выводы *6* *8* микросхем $МС_6$—$МС_8$, $МС_{10}$ и $МС_{11}$ подключены ко входам микросхем $МС_2$ и $МС_4$ дешифраторов. Сигналы с выходов этих микросхем через инвертор на микросхемах $МС_1$ и $МС_3$, а также с вывода *8* микросхемы $МС_8$ коммутируют через транзисторы $Т_3$—$Т_7$, $Т_{10}$—$Т_{12}$ катоды индикаторных ламп. С выхода *5* ССИ сигнал поступает на СМИ, который собран по аналогичной схеме. С вывода *5* сигнал проходит на вход СЧИ, принципиальная схема которого приведена на рис. 10-23. Этот счетчик содержит декаду на микросхемах $МС_5$—$МС_8$ с дешифратором на микросхеме $МС_3$ и инвертором на микросхеме $МС_1$, не отличающимися от упомянутых выше, а также счетчик на микросхемах $МС_9$ и $МС_{10}$ с дешифратором и инвертором на микросхеме $МС_2$. Требуемый коэффициент пересчета на 24 достигается путем введения цепи обратной связи. При наступлении момента, при котором часы должны показать 24 ч, на входы *4* и *5* микросхемы $МС_{11}$ поступают потенциалы логических единиц и с выхода *6* на входы сброса *2* микросхем $МС_5$—$МС_{10}$ подается уровень логического нуля, который устанавливает СЧИ в исходное состояние. Для сброса показаний и предварительной установки электронных часов в счетчике часовых импульсов используется микросхема $МС_4$.

Схема ключевых каскадов, установленных в анодах индикаторных ламп, изображена на рис. 10-24. На рис. 10-25 приведена схема соединения всех блоков электронных часов между собой и с индикаторными лампами. Для упрощения начертания схемы цифровые электроды ламп указаны по порядку. В действительности один анод (вывод *10*) при подаче на него положительного напряжения вызывает свечение четных цифр, а другой (вывод *13*) — свечение нечетных цифр. Сброс показаний часов осуществляется кнопкой $Кн_1$. Этой же кнопкой производят предварительную установку часов. При нажатии на кнопку $Кн_1$ происходит установка в нулевое положение всех декад и счетчиков часов, кроме счетчика часовых импульсов, и одновременно переводится в единичное состояние триггер микросхемы $МС_4$ счетчика часовых импульсов. При размыкании контактов кнопки $Кн_1$ снимается потенциал сброса с декад и счетчиков и одновременно происходит подача одного импульса счетчика часовых импульсов. Следовательно, нажимая и отпуская кнопку $Кн_1$, можно установить любой час на цифровых индикаторах. Для более стабильной работы в генераторе импульсов времени применен кварцевый стабилизатор Б-3. В целях повышения температурной стабильности в качестве резисторов R_2 и R_3 желательно использовать УЛИ или БЛП. В блоке питания применены электролитические конденсаторы К50-6. Трансформатор $Тр_1$ выполнен на магнитопроводе ШЛ16×20 Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 0,15, обмотка *II* — 2000 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка *III* — 140 витков провода ПЭВ-1 0,56.

Электронные часы собраны в металлическом корпусе размерами 216×160×60 мм. Передняя панель закрыта цветным прозрачным органическим стеклом, сквозь которое видны цифровые индикаторные лампы. Панели этих ламп укреплены на передней стенке каркаса. Над баллонами ламп и под ними к этой стенке крепят платы *П2* делителей секундных импульсов. Сзади индикаторных ламп крепят вертикальные платы анодных ключевых каскадов *П5*, счетчика часовых

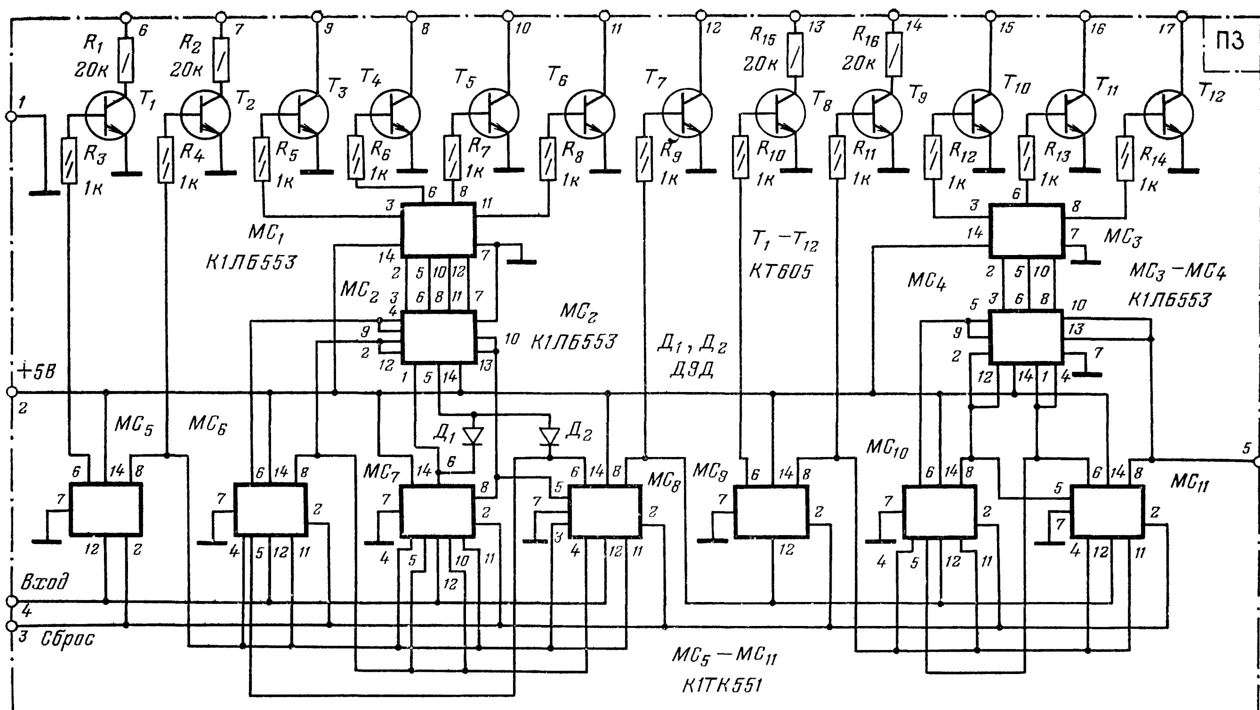


Рис. 10-22. Принципиальная схема счетчика секундных импульсов.

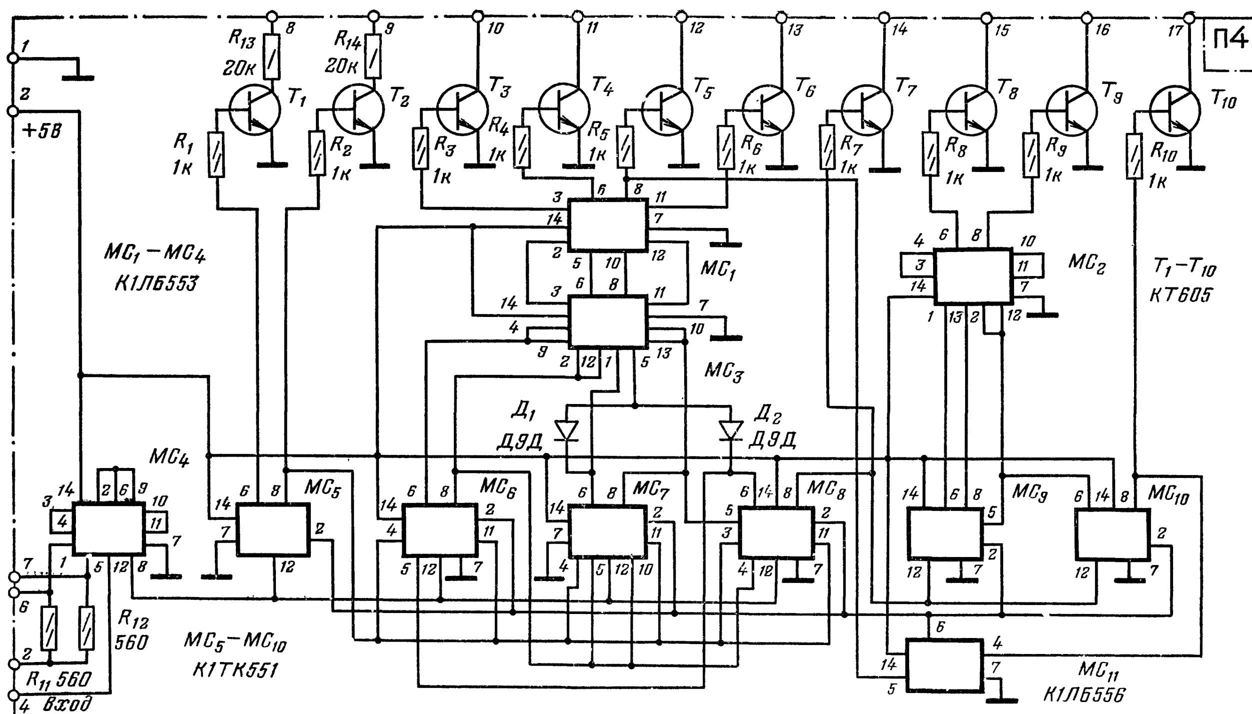


Рис. 10-23. Принципиальная схема счетчика часовых импульсов.

импульсов *П4*, счетчика минутных и счетчика секундных импульсов *П3*, генератора импульсов времени *П1* с блоком питания. Весь монтаж часов выполнен на печатных платах из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 2 мм. Чертежи печатных плат со схемами соединений показаны на рис. 10-26—10-30. Транзистор T_1 на плате *П1* расположен на радиаторе площадью 110 см².

Трансформатор питания Tp_1, кнопку предварительной установки часов $Кн_1$ и предохранитель $Пр_1$ располагают на задней стенке корпуса, скрепленной с передней стенкой винтами и кронштейнами.

В часах применены интегральные микросхемы серии К155. На рис. 10-31 показаны конструктивное исполнение и нумерация выводов микросхем (К1ТК551 — триггер с входной логикой, а К1ЛБ553 — четыре двухвходовых элемента «И—НЕ» и К1ЛБ556 — два четырехвходовых элемента «И—НЕ»). Вывод *7* микросхем присоединяют к общему проводу, на выводы *14* подают напряжение питания. Метки, служащие для опознавания номеров выводов макросхем, указаны на рис. 10-41 стрелкой.

Налаживание часов начинают с проверки напряжений питания. Нормальным напряжением питания следует считать 200±10 В, подаваемых на цифровые индикаторные лампы, и 5±1 В для питания микросхем. После проверки блока питания следует настроить частоту генератора импульсов времени. К выходу

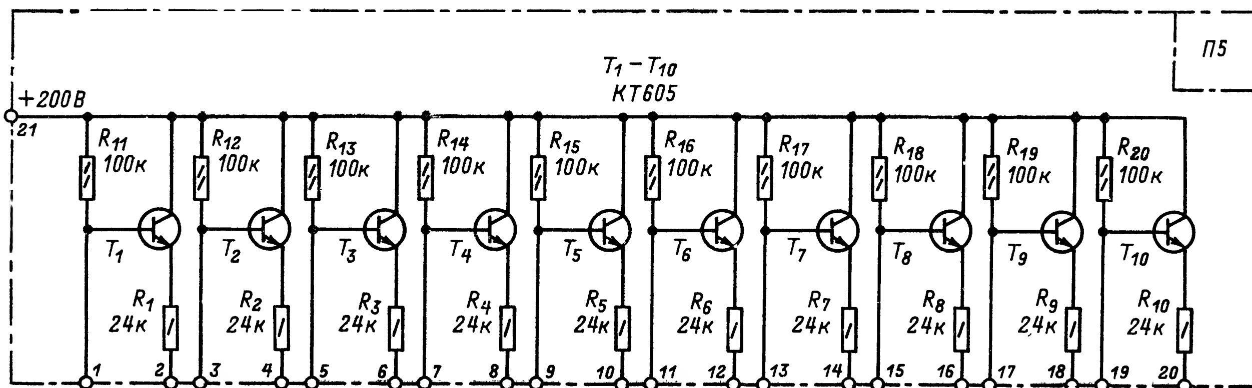


Рис. 10-24. Принципиальная схема ключевых каскадов.

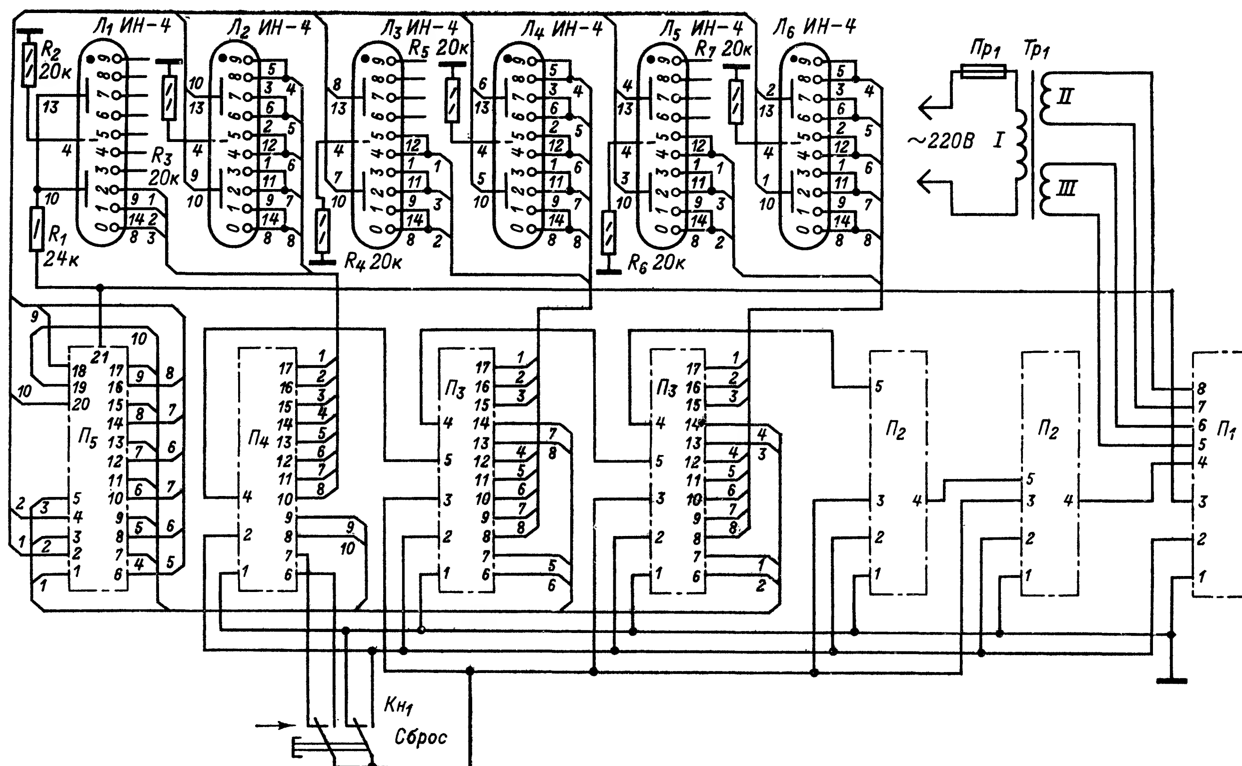


Рис. 10-25. Схема соединения всех блоков электронных часов.

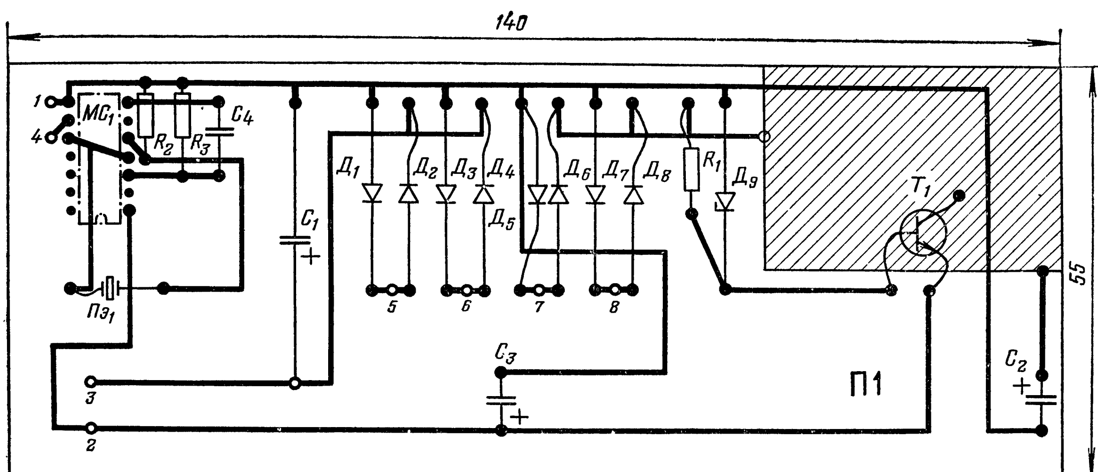


Рис. 10-26. Печатная плата блока П1.

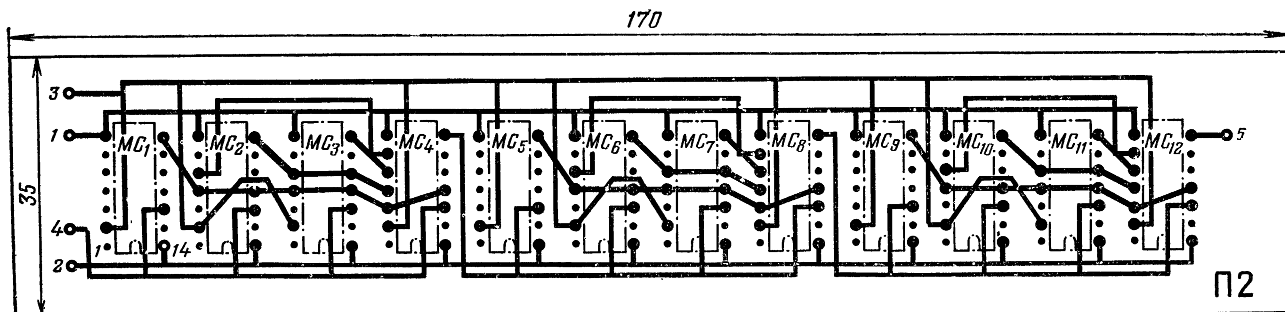


Рис. 10-27. Печатная плата блока П2.

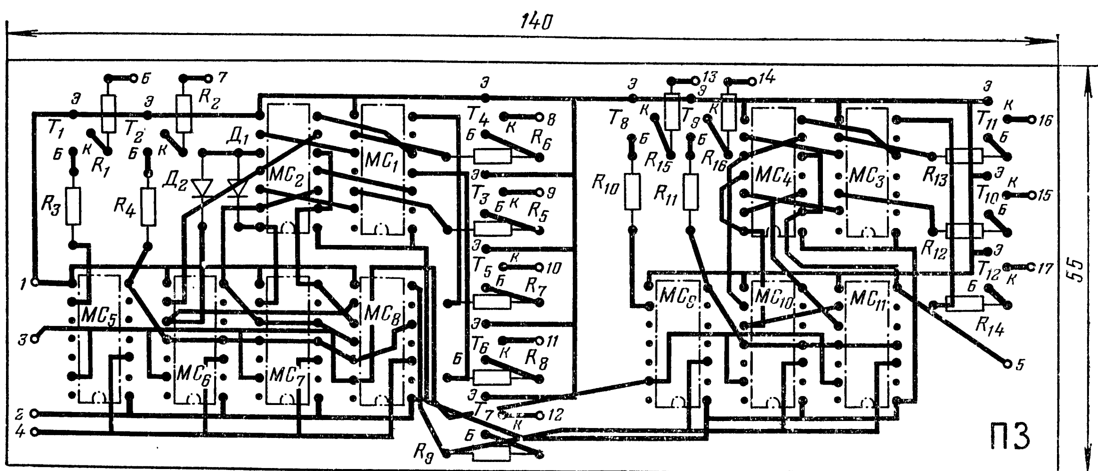


Рис. 10-28. Печатная плата блока П3.

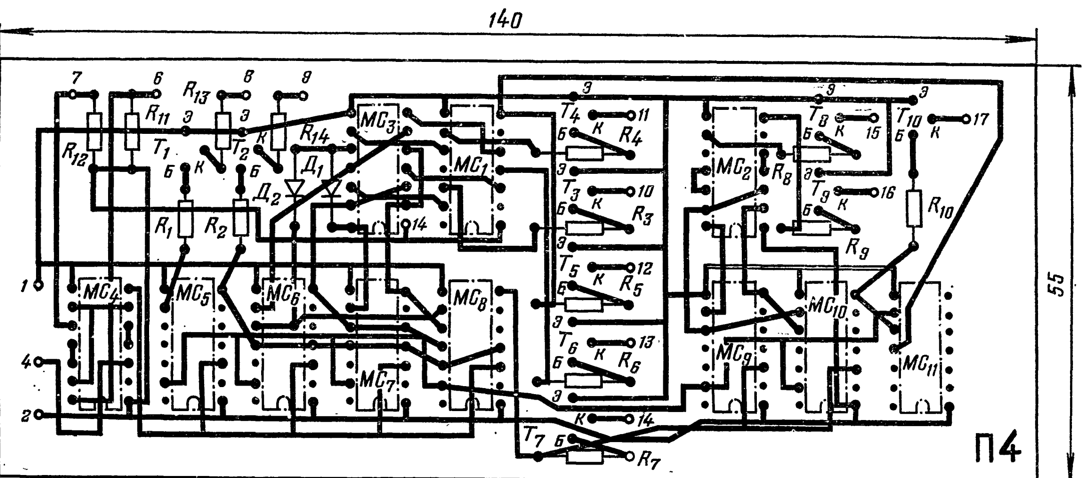


Рис. 10-29. Печатная плата блока П4.

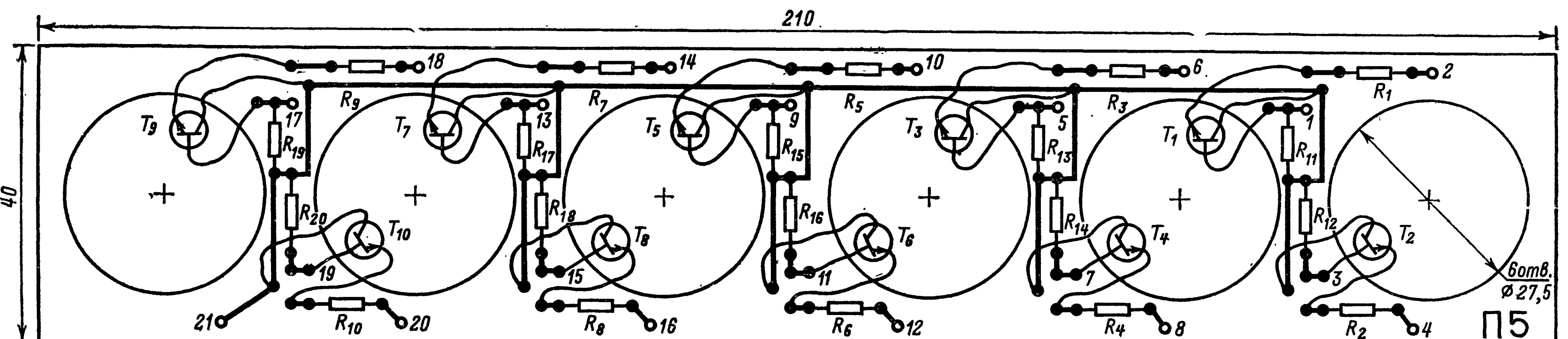


Рис. 10-30. Печатная плата блока П5.

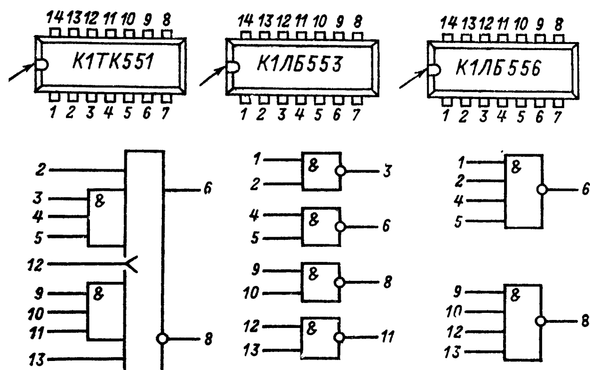


Рис. 10-31. Цоколевка и нумерация выводов интегральных микросхем серии К155.

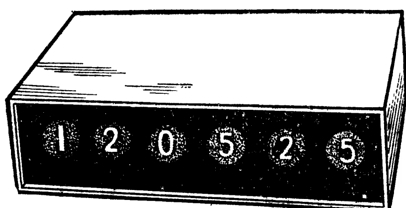


Рис. 10-32. Внешний вид электронных часов.

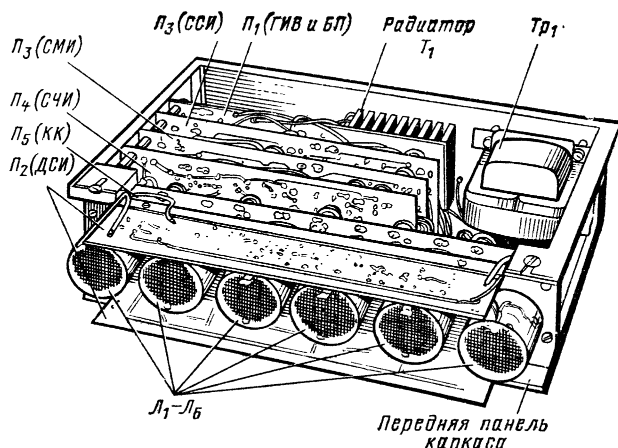


Рис. 10-33. Расположение деталей и печатных плат внутри корпуса.

4 генератора импульсов времени подключают осциллограф и устанавливают наличие импульсов. Если их нет, подбирая конденсатор C_4, добиваются их получения. Затем частотомером определяют частоту генерируемых импульсов. Если она отличается от требуемой больше чем на ±2 Гц, то генератор подстраивают дополнительным подстроечным конденсатором емкостью 5—20 пФ. Если частота генератора импульсов времени больше 1 МГц, конденсатор включают параллельно кварцевому резонатору, если меньше, подстроечную емкость включают последовательно с кварцевым резонатором.

На рис. 10-32 и 10-33 показаны внешний вид часов и расположение деталей и печатных плат внутри корпуса.

Синхронизатор к кадропроектору

В последние годы большую популярность у фотолюбителей завоевали слайды — цветные диапозитивы, снятые на обратимую фотопленку. Для их демонстрации промышленность выпускает различные кадропроекторы, в том числе и полуавтоматические («Кругозор», «Протон» и т. п.). Многих любителей, естественно, интересует автоматический показ диапозитивов с синхронным звуковым сопровождением. Осуществить это можно с помощью синхронизирующего устройства, разработанного московским инженером М. Ганзбургом. Его синхронизатор предназначен для совместной работы с указанными кадропроекторами и любым двухдорожечным магнитофоном. Принцип действия синхронизатора основан на том, что при озвучивании фильма, составленного из диапозитивов, на вторую (нижнюю) дорожку магнитной ленты записываются специальные синхросигналы, которые при демонстрации управляют работой механизма смены кадров проектора. Для записи и воспроизведения синхросигналов служит дополнительная универсальная магнитная головка, смонтированная в синхронизаторе.

Принципиальная схема синхронизатора показана на рис. 10-34. Он состоит из усилителя синхроимпульсов, воспроизводимых магнитной головкой $ГУ_1$ с магнитной ленты, согласующего каскада, выпрямителя синхроимпульсов, электронного реле и источника питания. Усилитель синхроимпульсов выполнен на транзисторах T_1 и T_2 с непосредственной связью между каскадами. Для повышения температурной стабильности и помехозащищенности он охвачен несколькими отрицательными обратными связями. Одна из них осуществляется через резистор R_6, связывающий эмиттер транзистора T_2 с базой транзистора T_1 (через этот же резистор на базу последнего подается и напряжение смещения). Напряжение другой обратной связи (по переменной составляющей) снимается с коллектора транзистора T_2 и подается в цепь его базы через конденсатор C_4. Из-за сравнительно малой емкости конденсатора эта обратная связь действует только на высших звуковых частотах, предохраняя синхронизатор от самовозбуждения и ложных срабатываний в результате шумов и тресков, создаваемых электростатическими зарядами на магнитной ленте. Входное сопротивление усилителя достаточно велико (около 10 кОм), что позволяет использовать в синхронизаторе любую универсальную магнитную головку (даже от лампового магнитофона). Каскады усилителя получают питание от общего источника через развязывающие фильтры R_5C_2 и $R_{11}C_6$.

С выходом усилителя синхросигналов непосредственно соединен эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе T_3. Этот каскад согласует усилитель со входом выпрямителя, собранного по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$, $Д_2$ и конденсаторах C_7 C_9. Нагрузкой выпрямителя служат резистор R_{12} и входное сопротивление составного транзистора T_4, T_5, нагрузкой которого, в свою очередь, является электромагнитное реле P_1. При отсутствии синхросигналов транзисторы T_4 и T_5 закрыты и в их общей коллекторной цепи течет только небольшой обратный ток. Когда же на вход выпрямителя поступает синхросигнал, транзисторы открываются, срабатывает реле P_1, его контакты P_1^1 замыкают цепь управления механизмом кадропроектора и происходит смена кадров. Переменное напряжение для питания синхронизатора снимается со вторичной обмотки трансформатора кадропроектора и подается через разъем $Ш_1$.

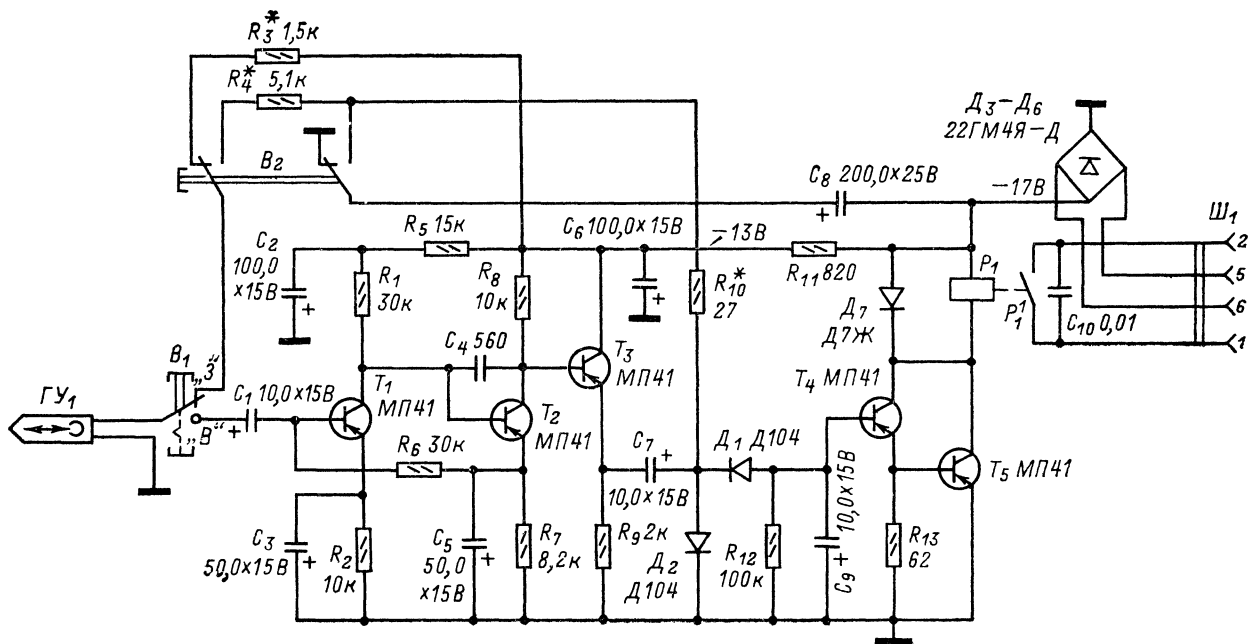


Рис. 10-34. Принципиальная схема синхронизатора.

Управление работой синхронизатора осуществляется кнопочными переключателями $В_1$ и $В_2$. Описанные процессы происходят при установке переключателя $В_1$ в положение, нижнее по схеме («В» — воспроизведение). Другое его положение («З» — запись) соответствует режиму озвучивания диафильма, когда синхросигналы записываются на магнитную ленту с помощью той же головки $ГУ_1$. Происходит это следующим образом. При установке переключателя $В_1$ в положение «З» магнитная головка $ГУ_1$ подключается к переключателю $В_2$, который также имеет два положения. В левом, показанном на схеме положении магнитная головка через гасящий резистор R_3 подключена к источнику питания синхронизатора. Постоянный ток, протекающий при этом через головку, стирает ранее записанные на ленту синхросигналы (или другие записи). Это дает возможность использовать для озвучивания диафильма любую ленту, не заботясь о предварительном стирании с ее второй дорожки имевшейся ранее записи. Когда же переключатель $В_2$ находится в правом (по схеме) положении, магнитная головка оказывается соединенной (через резистор R_4 и конденсатор $С_8$) с выходом выпрямителя напряжения питания, собранного на диодах $Д_3$—$Д_6$. Пульсирующее напряжение частотой 100 Гц подается на головку $ГУ_1$ и записывается ею на магнитную ленту. Как видно из схемы, напряжение с выпрямительного моста подается одновременно и на выпрямитель электронного реле. В результате одновременно с записью синхросигнала срабатывает реле $Р_1$ и механизм кадропроекта производит смену кадров.

Таким образом, процесс озвучивания фильма с описываемым синхронизатором сводится к записи на магнитофоне звукового сопровождения и нажатию в нужные моменты кнопки переключателя $В_2$. Демонстрация фильма осуществляется автоматически. Для этого достаточно переключить магнитофон на воспроизведение и подключить кадропроектор к сети.

Конструкция и детали. Синхронизатор выполнен в виде приставки к магнитофону (рис. 10-35). Детали синхронизатора смонтированы на печатной плате (рис. 10-36) размерами 110×75 мм, изготовленной из фольгированного гетинакса толщиной 1,5 мм. С помощью винтов и резьбовых стоек плата закреплена в корпусе коробчатой формы, согнутом из листового алюминиевого сплава той же толщины. На его верхней стенке установлены магнитная головка и две латунные направляющие стойки, закрытые экраном из пермаллоя. Для стыковки синхронизатора с магнитофоном служит Г-образный кронштейн (материал тот же, что и у корпуса) с вертикальным вырезом, в который входят направляющий штифт и винт с накидной гайкой, закрепленные на корпусе синхронизатора. На горизонтальную полку кронштейна, которая подсовывается под магнитофон и обеспечивает нужное положение синхронизатора при работе, наклеен кусок поролона толщиной 20 мм. Описанное устройство крепления позволяет регулировать положение синхронизатора по высоте и дает возможность состыковывать его с любым магнитофоном.

С кадропроектором синхронизатор соединяют четырехпроводным кабелем. Разъемом $Ш_1$ служит семиштырьковая панель для пальчиковых ламп и соответствующая ей самодельная вилка. Противоположные концы проводов, соединенных с выпрямителем на диодах $Д_3$—$Д_6$, подпаивают к выводам вторичной обмотки трансформатора в кадропроекторе, концы оставшихся двух проводов припаивают к двухконтактной вилке, которую вставляют в гнезда для подключения кабеля дистанционного управления.

В синхронизаторе можно использовать любые низкочастотные транзисторы. Исключение составляют лишь транзисторы электронного реле ($Т_4$ и $Т_5$), коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ которых должен быть не более 50. Все резисторы, примененные в синхронизаторе, МЛТ-0,125, ВС-0,125 или УЛМ-0,12, электролитические конденсаторы — К50-6, конденсаторы $С_4$ и $С_{10}$ — КСО. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — любого типа, но лучше кремниевые (Д104, Д106, Д223 и т. п.). Вместо селенового столба 22ГМ4Я-Д в выпрямителе питания можно применить плоскостные диоды серий Д7 или Д226.

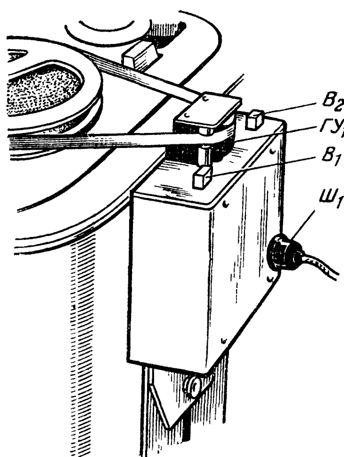


Рис. 10-35. Внешний вид синхронизатора и стыковка его с магнитофоном.

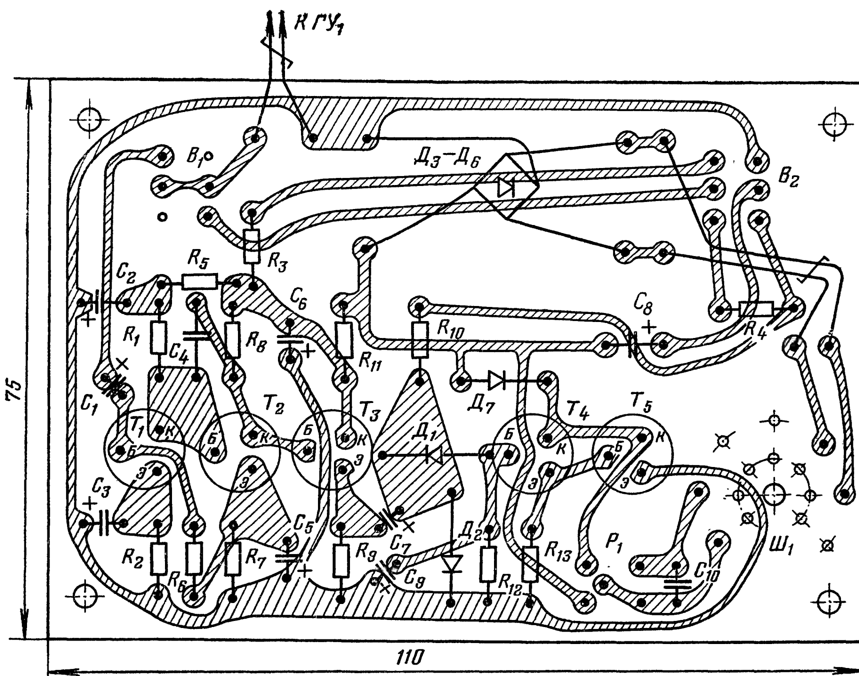


Рис. 10-36. Печатная плата и схема соединений синхронизатора.

Переключатели режимов работы синхронизатора B_1 и B_2 — П2К. Первый из них должен фиксироваться в обоих крайних положениях, второй — только в одном (левом по схеме). В синхронизаторе использовано реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.002 или РС4.591.003), магнитная головка от магнитофона «Соната-1».

Магнитную головку синхронизатора, если позволяет место, можно установить и на панели магнитофона. В этом случае и детали синхронизатора желательно также смонтировать внутри магнитофона. Если же синхронизатор рассчитывается на работу с четырехдорожечным магнитофоном, то дополнительная магнитная головка вообще не потребуется. Ее функции может выполнить одна из систем блока магнитных головок самого магнитофона (лучше использовать ту, которая служит для записи и воспроизведения на 2 и 3 дорожках, т. е. нижнюю).

Налаживание синхронизатора сводится к подбору всего трех резисторов: R_3, R_4 и R_{10}. Сопротивление последнего из них должно быть таким, чтобы в режиме записи синхросигналов каждое нажатие кнопки переключателя B_2 приводило к четкому срабатыванию реле P_1. Не исключено, что этот резистор не понадобится и вовсе, тогда на его место на печатной плате необходимо поставить проволочную перемычку. Далее подбирают резистор R_4, от сопротивления которого зависит ток записи в магнитной головке. Для этого синхронизатор стыкуют с магнитофоном, заряженным чистой лентой, переключают в режим записи и включают лентопротяжный механизм. Через 5—10 с нажимают кнопку переключателя B_2, в результате чего пульсирующее напряжение с выпрямителя питания подается на магнитную головку и записывается на ленту. Перемотав ленту назад и переключив синхронизатор в режим воспроизведения, вновь включают лентопротяжный механизм и следят за тем, чтобы в течение всего времени записи синхросигнала контакты реле P_1 были замкнуты (для индикации на время налаживания к ним можно подключить цепь, состоящую из батареи 3336Л и лампочки на 3,5 В). При этом напряжение на диоде $Д_1$, измеренное высокоомным вольтметром переменного тока, должно быть не менее 0,5 В. Если оно меньше, резистор R_4 необходимо заменить другим, с меньшим сопротивлением, и повторить запись.

Далее на вторую дорожку магнитной ленты записывают какое-либо музыкальное произведение с максимальным (по индикатору) уровнем, переворачивают катушку и пропускают ленту через синхронизатор, включенный в режим записи, время от времени нажимая кнопку переключателя B_2. После этого ленту перематывают, синхронизатор переключают в режим воспроизведения и вновь включают лентопротяжный механизм магнитофона, следя за поведением реле P_1. Его контакты должны замыкаться только во время прохождения возле головки $ГУ_1$ участков ленты с записью синхросигналов, все остальное время они должны быть разомкнуты. При недостаточном уровне стирания контакты P_1^1 замыкаются и в паузах между синхросигналами сопротивление резистора R_3 необходимо уменьшить. Более тщательный подбор резисторов R_3 и R_4 может понадобиться в том случае, если синхронизатор рассчитывается на работу с магнитными лентами разных типов, а также при больших колебаниях напряжения сети.

Синхронизатор для озвучивания любительских фильмов

Синхронизация изображения и звукового сопровождения в любительском кино (т. е. при раздельных носителях изображения и звука) обычно осуществляется регулированием частоты проекции фильма в соответствии с фонограммой, записанной на магнитную ленту. Сигналы, несущие информацию о взаимном положении кино- и магнитной лент, снимаются со специальных датчиков в кинопроекторе и магнитофоне. Именно на этом принципе построено большинство синхронизаторов, описанных в последние годы в литературе для радио- и кинолюбителей. Основной недостаток таких устройств заключается в том, что они

требуют вмешательства оператора в процесс регулирования. Всевозможные усовершенствования этой системы синхронизации лишь в той или иной степени упрощают работу оператора, не решая по существу главной задачи — обеспечить действительно автоматическую синхронизацию изображения и звука.

Полное решение проблемы может быть достигнуто только в синхронизаторах со специальными устройствами, запоминающими величину и знак рассогласования положений носителей звука и изображения и вырабатывающими на этой основе соответствующие сигналы коррекции, которые используются для восстановления синхронизма. Таким устройством может быть так называемый реверсивный сдвигающий регистр. От оператора, работающего с синхронизатором, содержащим такое устройство, требуется лишь установить систему в определенное исходное положение, включить магнитофон в начале демонстрации фильма и выключить его в конце. Включение же и выключение кинопроектора будет осуществляться автоматически. Ошибки рассогласования в движении кино- и магнитной лент, возникающие при пуске и остановке кинопроектора (так же, как и в процессе демонстрации), запоминаются регистром и учитываются системой автоматического регулирования.

Описываемый здесь синхронизатор с реверсивным сдвигающим регистром разработан московским радиолюбителем Е. Кондратьевым. Структурная схема синхронизатора показана на рис. 10-37. Он состоит из датчиков положений кино- и магнитной лент, регистра, электронного ключа, управляющего частотой вращения двигателя кинопроектора, четырех формирователей и двух логических элементов «ИЛИ». Датчик положения киноленты КГП — готовый, уже имеющийся в кинопроекторе «Луч-2» (его контакты замыкаются четыре раза в секунду), датчик положения магнитной ленты — самодельный. Он представляет собой гладкий ролик, приводимый во вращение магнитной лентой. В нижней части ролика просверлены два взаимно перпендикулярных сквозных отверстия, оси которых лежат в одной плоскости. С одной стороны ролика помещена лампочка накаливания *Л*, с другой — фотодиод *Д*.

Диаметр рабочей (т. е. соприкасающейся с магнитной лентой) части ролика выбран так, что при движении ленты фотодиод освещается лампочкой также четыре раза в секунду.

Как же работает такой синхронизатор? При демонстрации или озвучивании фильма сигналы от датчиков магнитофона и кинопроектора поступают соответственно на входы формирователей *1* и *5*, а с их выходов — на реверсивный сдвигающий регистр, состоящий из шести одинаковых ячеек (на схеме они обозначены римскими цифрами *I—VI*). Каждая ячейка регистра в свою очередь состоит из триггера (*7*, *11*, *15*, *19*, *23*, *27*), логического элемента «2ИЛИ» (*8*, *12*, *16*, *20*, *24*, *28*) и двух логических элементов «2И» (*9* и *10*, *13* и *14* и т. д.). Триггер каждой из ячеек может находиться либо в положении «0» («Выключено»), либо в положении «1» («Включено»). Триггеры можно перевести из положения «0» в положение «1» сигналом с выхода элемента «2ИЛИ», который появляется в том случае, если хотя бы на один из его входов подан импульс с выхода одного из соответствующих элементов «2И». Импульс же на выходе такого элемента появится лишь тогда, когда управляющие импульсы будут поданы на оба его входа. Иначе говоря, триггер любой ячейки перейдет в состояние «1» только в том случае, если на оба входа любого из его элементов «2И» одновременно поступят сигналы от формирователей *1* и *5*. Импульсы с них подаются также на формирователи *2* и *6*, на выходе которых формируются импульсы длительностью 10 мкс, поступающие еще через один элемент «2ИЛИ» (*4*) на входы триггеров всех шести ячеек. В исходном состоянии в положении «1» находится триггер ячейки

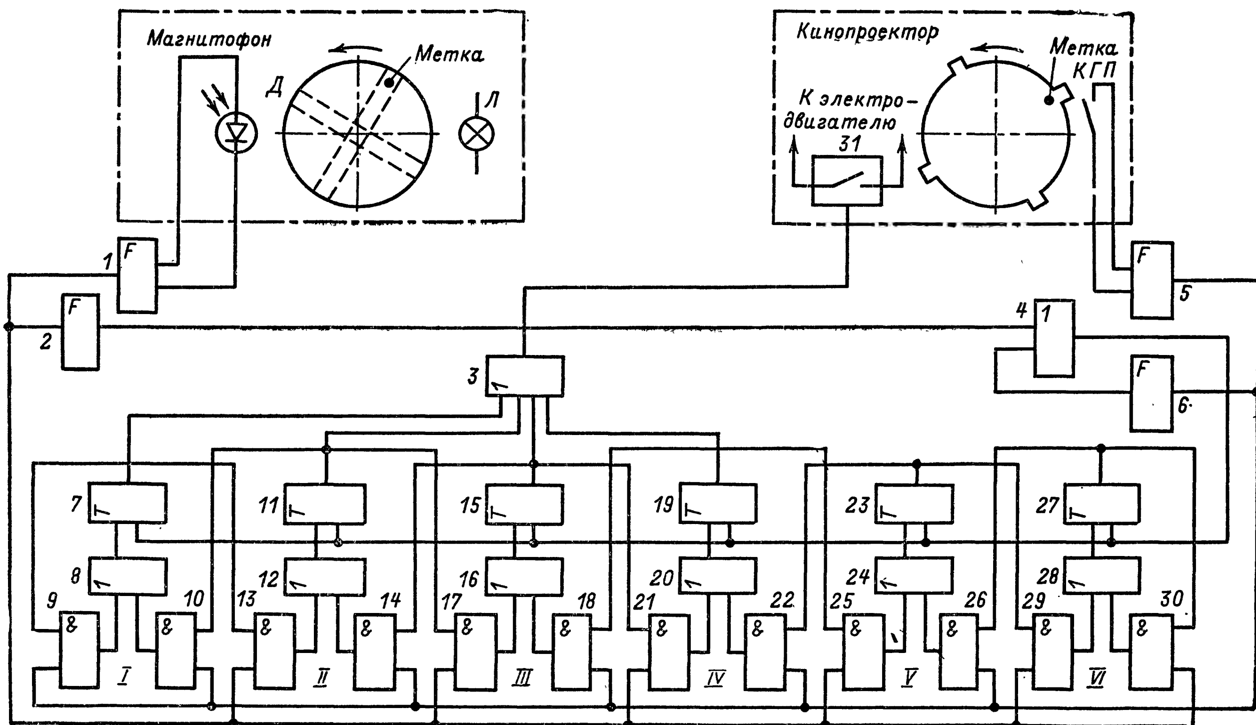


Рис. 10-37. Структурная схема синхронизатора.

IV, все остальные в положении «0». С приходом импульса с выхода элемента *4* триггер ячейки *IV* переходит в положение «0». Изменение состояния триггера сопровождается генерированием импульса длительностью около 40 мкс, который поступает на левый (по схеме на рис. 10-37) элемент «2И» соседней справа ячейки и правый элемент «2И» ячейки слева. Иначе говоря, импульсы с выхода формирователя *1* и триггера ячейки *IV* одновременно поступят только на входы левого элемента «2И» ячейки *V*, поэтому ее триггер перейдет из состояния «0» в состояние «1». Таким образом, каждый импульс датчика магнитофона переводит в положение «1» триггер соседней ячейки справа, а каждый импульс датчика кинопроектора (процесс перевода протекает аналогично) — триггер соседней ячейки слева.

Посмотрим теперь, что произойдет, если в положении «1» находится триггер одной из крайних ячеек (*I* или *VI*), а на вход регистра поступает импульс переполнения (т. е. импульс, стремящийся сдвинуть единицу за пределы регистра). В этом случае триггер крайней ячейки останется в том же состоянии, так как на входах крайнего элемента «2И» этой ячейки будут одновременно присутствовать импульсы, которые вновь запустят триггер.

Поддержание синхронной скорости проекции в описываемой системе осуществляется электронным ключом *31*, включенным в цепь питания электродвигателя кинопроектора. На вход этого устройства поступают сигналы с выхода элемента «4ИЛИ» (*3*). Как видно из схемы, сигнал, управляющий работой электронного ключа, появляется на выходе элемента *3* только в том случае, если в положении «1» оказываются триггеры ячеек *I—IV*. При этом ключ *31* разрывает цепь питания электродвигателя и частота проекции уменьшается. Если же в положение «1» переходит триггер ячейки *V* или *VI*, то электронный ключ замыкает цепь питания двигателя и частота проекции увеличивается.

Работа синхронизатора поясняется диаграммами, показанными на рис. 10-38. В режиме синхронной скорости импульсы датчиков магнитофона и кинопроектора следуют с некоторым сдвигом во времени (импульсы первого опережают импульсы второго примерно на полпериода — рис. 10-38, *а*). Каждый импульс датчика магнитофона переводит в положение «1» триггер ячейки *V* и замыкает тем самым резистор в цепи обмотки электродвигателя кинопроектора, каждый же импульс датчика последнего переводит в это положение триггер ячейки *IV* и размыкает резистор. В таком режиме работы среднее значение тока через двигатель соответствует синхронной частоте вращения, а угол φ между метками на ролике датчика магнитофона и кулачке датчика кинопроектора (рис. 10-37) равен примерно 45° (если перед запуском системы эти метки были совмещены).

Если по какой-либо причине частота проекции снизится ($45° < \varphi < 90°$), то средний ток через двигатель увеличится (рис. 10-38, *б*), и наоборот, при увеличении частоты проекции этот ток уменьшится (рис. 10-38, *в*). Таким образом, при нарушении синхронизма в работе магнитофона и кинопроектора вырабатывается сигнал, восстановливающий в конечном счете необходимое взаимное положение кино- и магнитной лент.

Графики, соответствующие установлению режима синхронизации (рис. 10-38, *г*), приблизительно отражают динамику набора скорости электродвигателем кинопроектора «Луч-2». Экспериментально установлено, что при разгоне этого двигателя угол φ не возрастает до 180°, поэтому регистр даже всего с двумя ячейками (*V* и *VI*) не переполняется.

При выключении системы импульсы от датчика магнитофона перестают поступать практически мгновенно, а вот датчик кинопроектора (в силу значительной инерции его механизма) посылает в регистр еще несколько импульсов и после выключения двигателя. Однако и в этом случае регистр не переполняется, так как его левая (по схеме на рис. 10-37) часть содержит четыре ячейки (*I—IV*). Таким образом, шести ячеек оказывается вполне достаточно, чтобы при озвучивании и демонстрации фильма можно было бы в любое время включать и выключать всю систему, не боясь потерять синхронность звука и изображения.

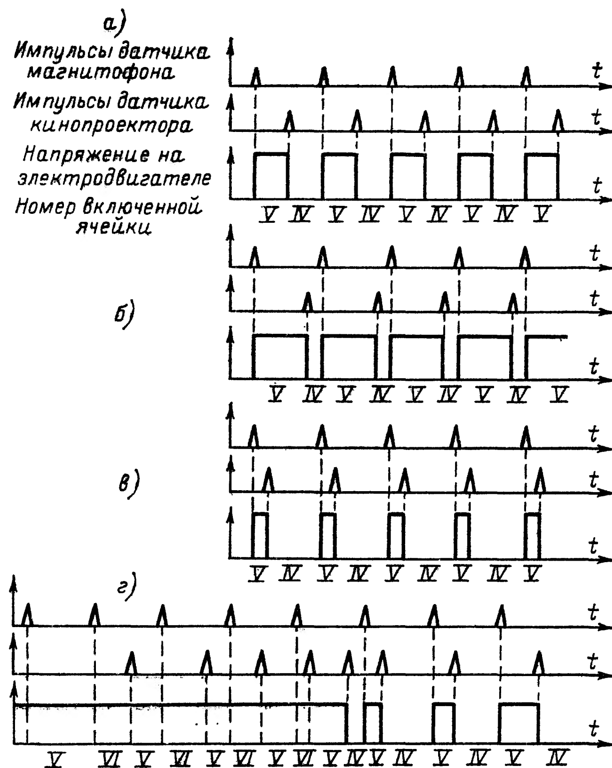


Рис. 10-38. Диаграммы напряжений, поясняющие работу синхронизатора.

а — режим синхронной работы; *б* — частота проекции меньше синхронной; *в* — частота проекции больше синхронной; *г* — установление синхронной частоты проекции.

Принципиальная схема синхронизатора вместе с измененной схемой кинопроектора «Луч-2» приведена на рис. 10-39, *а*. Здесь на транзисторе T_1 выполнен блокинг-генератор, на транзисторах T_2—T_6 — каскады усиления и формирователи импульсов запуска сдвигающего регистра. Сам регистр состоит из шести ячеек, условно обозначенных на схеме в виде прямоугольников с цифрами *I—VI*. Питание синхронизатора осуществляется от стабилизированного выпрямителя, собранного на диодах $Д_1$—$Д_4$ и стабилитроне $Д_9$. Электронный ключ, коммутирующий резистор *R* в цепи обмотки возбуждения электродвигателя M_1 кинопроектора, состоит из моста на диодах $Д_5$—$Д_8$ и включенного в одну из его диагоналей триодного управляемого тиристора $Д_{10}$.

Развернутая принципиальная схема одной ячейки сдвигающего регистра показана на рис. 10-39, *б*. Ячейка выполнена на транзисторах разной структуры T_1 и T_2. В состоянии «1» оба транзистора открыты, причем транзистор T_2 — насыщен. В этом режиме ток базы одного транзистора является частью коллекторного тока другого. Напряжение на выходе ячейки (вывод *2*) равно 1,8 В, а на эмиттере транзистора T_2 (вывод *7*) — 1,1 В. При переходе в состояние «0» выходное

напряжение увеличивается примерно до 10 В. Для перевода триггера в это состояние необходимо на эмиттер транзистора T_2 подать импульс положительной полярности амплитудой около 6 В. В состоянии «0» оба транзистора закрыты и ячейка практически не потребляет энергии.

ра на транзисторе T_1, работающего в автоколебательном режиме. Его импульсы длительностью 4 мкс следуют с частотой около 10 кГц. Включение блокинг-генератора (а следовательно, и тиристора) происходит в том случае, если в состоянии «1» находится триггер одной из ячеек *V* и *VI*. Если же в этом состоянии

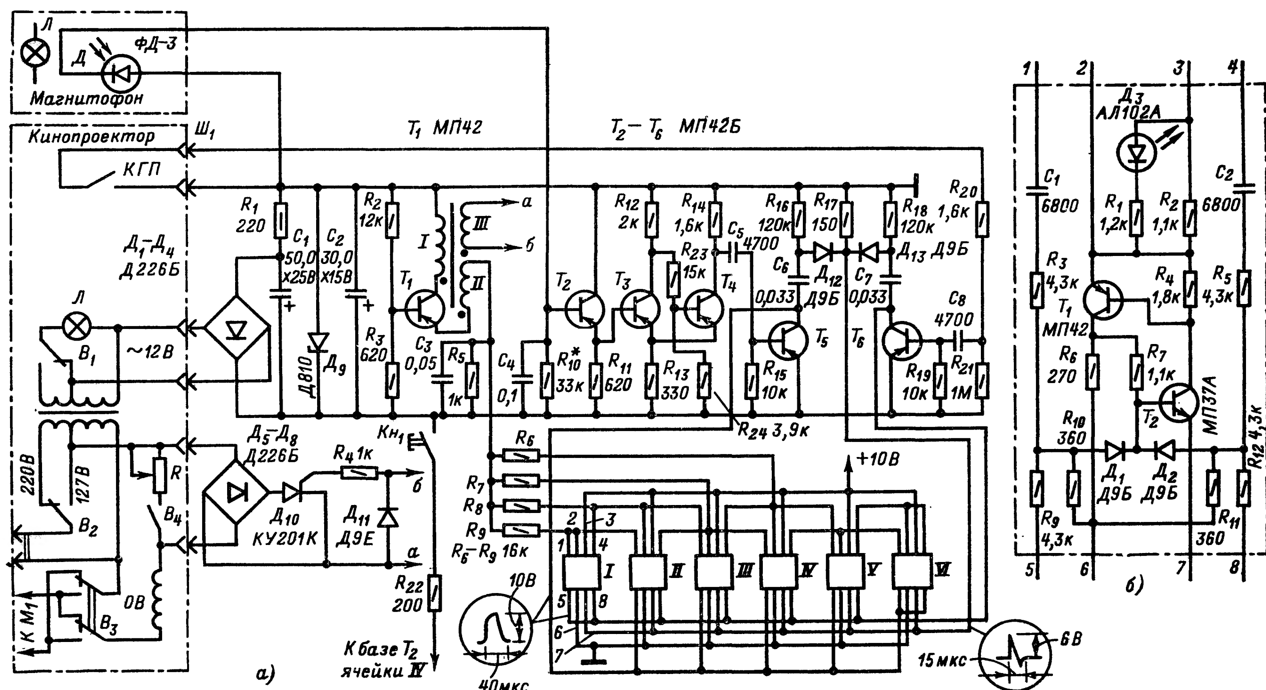


Рис. 10-39. Принципиальная схема синхронизатора и одной из ячеек сдвигающего регистра.

Резисторы R_3, R_9, R_{10} и R_5, R_{12}, R_{11} образуют показанные на структурной схеме элементы «2И», диоды $Д_1$, $Д_2$ и входное сопротивление триггера — элемент «2ИЛИ». Ячейки *I* и *VI* отличаются от остальных тем, что в первой из них отсутствуют резисторы R_9, R_{10} и диод $Д_1$ (нижние, по схеме, выводы резисторов R_3 и R_5 присоединены к аноду диода $Д_2$), а во второй — резисторы R_{11}, R_{12} и диод $Д_2$ (нижние выводы тех же резисторов R_3, R_5 присоединены к аноду диода $Д_1$). Для индикации состояния триггера служит светодиод $Д_3$. При отсутствии светодиодов между выводами *2* и *3* вместо резисторов R_1 и R_2 необходимо включить резистор сопротивлением 620 Ом.

Работает система синхронизации следующим образом (рис. 10-39, *а*). Каждый импульс тока через фотодиод *Д* (в датчике магнитофона) усиливается транзистором T_2 и поступает на вход триггера Шмитта (транзисторы T_3, T_4), который формирует импульсы с крутым передним фронтом. Каждый такой импульс открывает до насыщения транзистор T_5 (формирователь *1* на рис. 10-37). То же самое происходит и с транзистором T_6 (формирователь *5*) при каждом замыкании цепи его базы контактами *КГП* в кинопроекторе. Постоянная времени цепи разряда конденсатора C_8 выбрана равной 5 мс, что необходимо для исключения попадания в регистр импульсов, возникающих при ложных замыканиях («дребезге») контактов *КГП*. Диоды $Д_{12}$, $Д_{13}$ и резистор R_{17} образуют элемент «2ИЛИ», сигнал на который поступает с дифференцирующих цепей (формирователи *2* и *6* на рис. 10-38), состоящих из конденсаторов C_6, C_7 и входного сопротивления этого элемента. Тиристор $Д_{10}$ электронного ключа включается импульсами блокинг-генератора на транзисторе T_1 ... оказывается триггер ячеек *I—IV*, то в цепь эмиттера транзистора T_1 подается напряжение закрывающей полярности с элемента «4ИЛИ», образованного одним из резисторов R_6—R_9 и резистором R_5. Тиристор же выключается при перемене направления тока через обмотку возбуждения двигателя. Для удобства работы с синхронизатором предусмотрена кнопка $Кн_1$, с помощью которой перед пуском системы триггер ячейки *IV* можно установить в состояние «1».

Конструкция и детали. Все детали синхронизатора, кроме светодиодов, кнопки $Кн_1$ и резистора R_{22}, смонтированы на печатной плате размерами 210 × 92 мм, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита (можно и гетинакса) толщиной 1,5 мм. В синхронизаторе использованы резисторы МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, конденсаторы типа КМ (электролитические — К50-6), светодиоды АЛ102А, микрокнопка КМ-1-1, фотодиод ФД-3, лампочка накаливания на 6,3 В (0,23 А). Трансформатор блокинг-генератора намотан на ферритовом (М2000НМ1) кольце К16×10×4,5 проводом ПЭЛШО 0,15. Обмотки *I* и *II* содержат по 100 витков каждая, обмотка *II* — 20 витков.

Переделка магнитофона сводится к установке в нем фотодиода, лампочки и обрезиненного ролика (рис. 10-40), свободно вращающегося на шариковых подшипниках. Ролик рекомендуется установить между ведущим валом и приемной катушкой магнитофона. Для уменьшения проскальзывания магнитной ленты по поверхности ролика угол охвата его лентой должен быть не менее 180°. Это достигается установкой дополнительной направляющей стойки рядом с роликом. Диаметр обрезиненной части ролика, указанный на рис. 10-40, соответствует скорости ленты 9,53 см/с.

Если же скорость будет иной, этот размер следует рассчитать заново, исходя из того, что ролик должен делать один полный оборот в 1 с.

Налаживание синхронизатора сводится к подбору резистора R_{10} так, чтобы триггер Шмитта на транзисторах T_3 и T_4 переключался при токе фотодиода, равном 0,4—0,5 от максимального, который при номинальном напряжении питающей сети составляет 140—160 мкА.

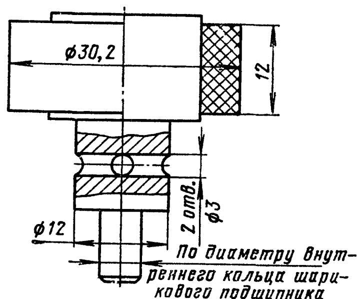


Рис. 10-40. Ролик синхронизации.

Чтобы в процессе установления синхронной скорости избежать рассогласования изображения и звука, перед включением магнитофона ролик его датчика необходимо установить в такое положение по отношению к кулачку кинопроектора, какое он занимает в режиме синхронной скорости, и, кроме того, перевести в положение «1» триггер ячейки *IV*. Исходный угол между метками на ролике и кулачке удобно взять равным 45°, причем так, чтобы первый из них при вращении опережал второй. Внутри этого угла не должны оказаться оси координат (рис. 10-37), соответствующие включенным датчикам. Если не выполнить этих требований, рассогласование звука и изображения может достигнуть 6 кадров.

Величина рассогласования между звуком и изображением в описанном синхронизаторе складывается из рассогласования, обусловленного флуктуациями положения киноленты относительно положения, соответствующего синхронной скорости (в среднем ±0,5 кадра), и рассогласования, обусловленного непостоянством проскальзывания магнитной ленты по ролику датчика магнитофона при записи и воспроизведении (1—3 кадра на 6 мин демонстрации фильма). Учитывая, что допустимое рассогласование изображения и звука может достигать 0,5—1 с (исключение составляют фильмы, в которых речь должна совпадать с движением губ говорящего: в этом случае оно не должно превышать 0,04—0,08 с), можно сказать, что описанный синхронизатор позволяет озвучивать видовые фильмы длительностью до 35 мин и фильмы с синхронной речью — до 4 мин. Если необходимо озвучивать фильмы большей длительности, то в качестве датчика положения магнитной ленты (чтобы исключить влияние ее проскальзывания относительно ролика) следует использовать импульсы синхронизации, записанные на ленту одновременно со звуковым сопровождением.

В описанной системе синхронизации в принципе возможно смещение изображения относительно звукового сопровождения на четыре кадра. Но произойти это может только в том случае, если на вход регистра одновременно поступят импульсы от формирователей *1* и *5*. Чтобы уменьшить вероятность появления такого сбоя, длительности импульсов формирователей выбраны достаточно малыми. В результате появление ошибки практически исключено.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . 3

Глава первая. **Любительские радиовещательные приемники** . . . 4

Малогабаритные рефлексные приемники . . . 4
Приемник прямого усиления на интегральных микросхемах . . . 10
Радиовещательный ЧМ приемник . . . 13
Супергетеродинный приемник с настройкой транзистором . . . 15
Приемник на микросхемах . . . 18
Приемник с общим АМ-ЧМ трактом . . . 22
Стереодекодер . . . 27

Глава вторая. **Телевидение** . . . 31

Простой телевизор . . . 31
Переносный телевизор . . . 37
Сенсорный селектор каналов . . . 39

Глава третья. **Усилители низкой частоты. Громкоговорители** . . . 44

Монофонические усилители . . . 44
Высококачественный УНЧ . . . 49
УНЧ с глубокими регулировками тембра . . . 51
Электромеханическая обратная связь в УНЧ . . . 53
Стереофонические усилители . . . 55
Высокочастотный громкоговоритель с круговой диаграммой направленности . . . 60
Стереофонические головные телефоны . . . 62
Сдвоенный переменный резистор для стереофонических усилителей . . . 64

Глава четвертая. **Любительские магнитофоны и электропроигрыватели** . . . 67

Стереофонический кассетный магнитофон . . . 67
Тонарм любительского электропроигрывателя . . . 73
Генератор для питания электродвигателя ЭПУ . . . 77
Любительский электропроигрыватель . . . 79

Глава пятая. **Аппаратура для радиоспорта** . . . 86

Приемники «лисолова» на интегральных микросхемах . . . 86
Тренировочная «лиса» . . . 90
Передатчик начинающего ультракоротковолновика . . . 91
Транзисторный конвертер на 144 МГц . . . 93
SSB передатчик на 144 МГц . . . 95
Двухдиапазонная УКВ антенна . . . 99
Приемник прямого преобразования . . . 99
Трансивер начинающего коротковолновика . . . 104
КВ антенна с переключаемой диаграммой направленности . . . 110

Глава шестая. **Радиоизмерительная аппаратура** . . . 112

Транзисторный милливольтметр . . . 112
Транзисторный авометр с высоким входным сопротивлением . . . 114
Генератор-частотомер . . . 117
Генератор прямоугольных импульсов . . . 119
Генератор сигналов на микросхемах . . . 120
Низкочастотный ГКЧ . . . 124
Генератор качающейся частоты . . . 127
Малогабаритный осциллограф . . . 131

Глава седьмая. **Электроника в музыке** . . . 135

Глава восьмая. **Источники питания** . . . 141

Транзисторные стабилизаторы напряжения . . . 141
Простые преобразователи напряжения . . . 146

Глава девятая. **Электронные игры и игрушки** . . . 149

Электронные игрушки . . . 149
Игровые автоматы . . . 154

Глава десятая. **Бытовая автоматика, телемеханика, озвучивание любительских фильмов** . . . 157

Электронная автоматика в быту . . . 157
Аппаратура пропорционального телеуправления моделями . . . 160
Кодовые замки . . . 169
Электронные часы . . . 172
Синхронизатор к кадропроектору . . . 178
Синхронизатор для озвучивания любительских фильмов . . . 180

2 руб.

